This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN · LIBRARIES ·

# Elektro-technische BIBLIOTHEK.

IV. BAND.

Die galvanischen

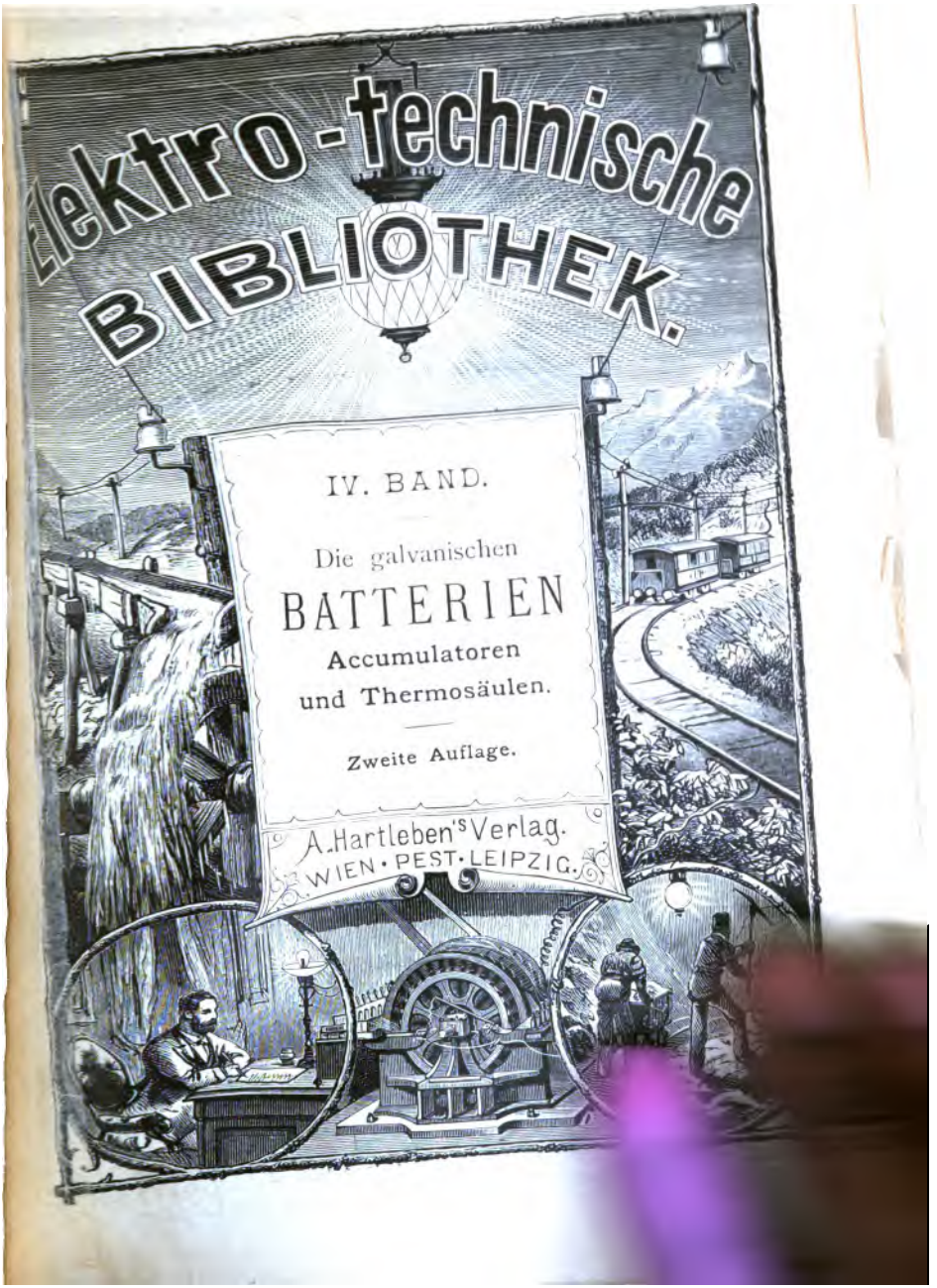
# BATTERIEN

Accumulatoren

und Thermosäulen.

Zweite Auflage.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.



## A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustr. Bänden, geh. à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop., eleg. gbdn. à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Francs 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Dritte Auflage.

II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zweite Auflage.

III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. von Urbanitzky.

IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck.

V. Band. Die Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack.

VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze.

VII. Band. Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing.

VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente, sowie die Instrumente zum Studium der elektrostatischen Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Ein Leitfaden in der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke.

IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck.

X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech.

XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Von Dr. A. von Urbanitzky.

XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst.

XIII. Band. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler.

XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter.

XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter.

XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias.

XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer.

XVIII. Band. Die Elektrotechnik in der Heilkunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski.

XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger.

*Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.*

Auch in Lieferungen à 30 Kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. zu beziehen.

**A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.**

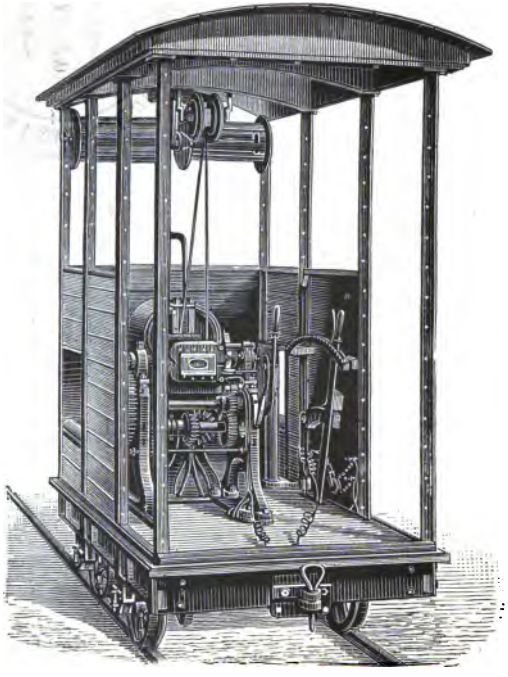


Fig. 77. Locomotive der elektrischen Eisenbahn.

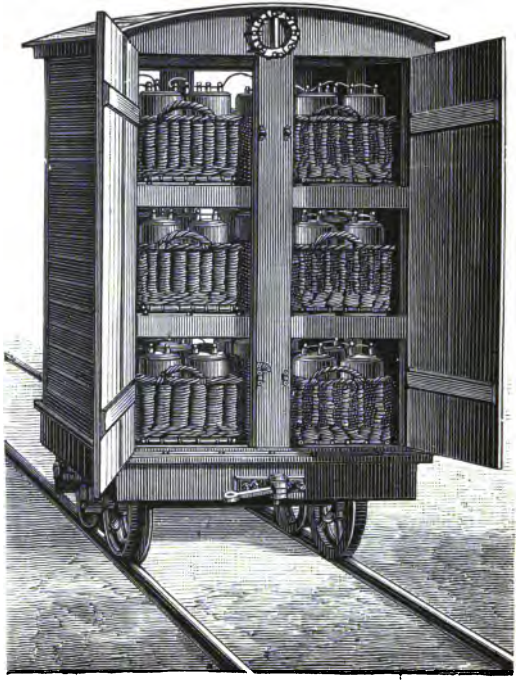


Fig. 76. Wagen mit Accumulatoren in der Bleicherei von Clovis Dupuy.

(Siehe Seite 292.)

22456

Die

# GALVANISCHEN BATTERIEN

## Accumulatoren und Thermosäulen.

Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis

von

**W. PH. HAUCK.**

*Mit 85 Abbildungen.*

**Zweite Auflage.**

**WIEN. PEST. LEIPZIG.**

**A. HARTLEBEN'S VERLAG.**

1883.

QC
603
.H368
1883

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Read. 1-25-23 L. N.

# Vorwort.

Die galvanischen Batterien! ein leises Lächeln umspielt den Mund des Elektrotechnikers von heute, wenn von diesen Stromquellen die Rede ist, sie scheinen ihm die überwundene Kinderkrankheit der angewendeten Elektricität zu sein. Und dennoch verdienen sie Aufmerksamkeit; sie wird ihnen auch, seit man erkannt hat, dass eine lange unbeachtet gebliebene Form derselben, die Secundär-Elemente, so verschiedenartiger und überall fördernder Anwendung fähig ist; seitdem greift man aber auch wieder zurück auf die galvanischen Batterien und sucht sie dem neuen Dienste anzupassen. Daher ist es wohl auch ganz zeitgemäss, die galvanischen Batterien einiger Aufmerksamkeit zu würdigen. Vor wenigen Jahren würde das Unternehmen, über die galvanischen Batterien ein Buch zu schreiben, jedem Verfasser bedeutende Schwierigkeiten bereitet haben, heute, wo zwei Werke, wahre Monographien, über diesen Gegenstand vorliegen, nämlich das zuerst auf diesem Gebiete erschienene Buch des bekannten Elektrotechnikers A. Niaudet und das von regem Sammelfleiss zeugende des verstorbenen Professors Cazin, ferner die mit unermüdlichem Fleisse zusammengestellten Hinweisungen G. Wiedemann's, und eine so stattliche Anzahl von Fachzeitschriften zur Benützung bereit stehen

bedarf es nur einer Sichtung des vielfach Gebotenen. Diese Arbeit, mit vielleicht nicht ganz unglücklicher Hand vorgenommen und eine übersichtliche Ordnung in den vorhandenen Stoff gebracht zu haben, möchte als Verdienst der Verfasser sich zuschreiben können.

Die vielseitig mit regem Beifalle aufgenommene chemische Theorie der galvanischen Elemente, wie sie Franz Exner ausgearbeitet hat, ist es, welche als rother Faden das ganze Buch durchzieht, selbst dann, wenn aus mancherlei Gründen auch die alte Bezeichnung Polarisation und Depolarisation, aber blos der Kürze wegen, beibehalten wurde. Nicht blos der persönlichen Anschauung über die Stichhaltigkeit folgend, wurde diese Theorie eingeführt, sondern weil sie an Durchsichtigkeit Alles bisher Gebotene übertrifft. In einem späteren Bande wird dem geneigten Leser Gelegenheit geboten werden, Vergleiche anstellen zu können.

Die Hauptabschnitte des Buches sind: galvanische Elemente, Secundär-Elemente und Thermosäulen. Als Eintheilungsgrund der ersten Gruppe dient die verschiedene Art, auf welche eine Erhöhung der Potentialdifferenz, die der Verbrennung des Zinks entspricht, durch gleichzeitige Verbrennung des Wasserstoffes erreicht werden kann.

Getragen von den im Schlussworte ausgesprochenen Wünschen und Hoffnungen empfiehlt das Büchlein, für dessen sorgsame Ausstattung und Erweiterung er an dieser Stelle der Verlagsbuchhandlung besten Dank sagen möchte, dem geneigten Wohlwollen des Lesers

**W. Ph. Hauck.**

# Inhalt.


Seite

Vorwort . . . . . VII

Inhalt . . . . . IX

Illustrations-Verzeichniss . . . . . XI

Elektrische Einheiten . . . . . XIV

I. Einleitung . . . . . 1

Entdeckung des Galvanismus 1. — Vorgänge im Volta-Elemente 2. — Der galvanische Strom 3. — Wirkungen des galvanischen Stromes 5. — Elektromotorische Kraft, Potential 6. — Widerstand 8. — Grössenursache der elektromotorischen Kraft 10. — Ohm'sches Gesetz 14. — Schaltung der Elemente 15. — Stromarbeit, Voltameter, Joule'sches Gesetz 25. — Ursache der Stromschwächung 33. — Uebersichtliche Wiederholung 38.

II. Die galvanischen Elemente . . . . . 41

Depolarisation durch den Sauerstoff der Luft . . . . . 41

Elemente, welche Säuren als Erregungsflüssigkeit enthalten 41. — Verwendung von Kohlenelektroden, ihre Herstellung und wie der Ableitungsstreifen an denselben befestigt wird 49. — Nachahmungen der Kohle durch poröse Metallniederschläge 56. — Elemente, welche Salzlösungen als Erregungsflüssigkeiten enthalten 60.

Depolarisation durch den Sauerstoff der Metalloxyde . . . 75

Elemente mit Flüssigkeiten 75. — Trockene Säulen 96.

Depolarisation durch den Sauerstoff von Säuren . . . . . 98

Elemente mit Salpetersäure 98. — Zweckmässiges Füllen und Entleeren einer grösseren Säule 109. — Was über die

Seite

Säuren zu sagen ist 114. — Elemente mit Königswasser 125. — Elemente mit Chlorsäure 126. — Elemente mit Chromsäure 127. — Telegraphen-Elemente 130. — Säulen für elektrisches Licht 132 (auch 153). — Chromsäure-Elemente ohne Zellen 138. — Feld-Elemente 158.

Depolarisation durch Metallsalze . . . . . 168

Kupfersulfat-Elemente. — Die porösen Zellen im Daniell-Elemente 175. — Telegraphen-Elemente 178. — Elemente für elektrische Beleuchtung 205. — Ersatz des Kupfersulfates durch andere Salze 214.

Depolarisation durch Chlor . . . . . 220
» » Chlorkalk . . . . . 222
» » Chloride . . . . . 224
» » Brom und Jod . . . . . 231
» » Schwefel . . . . . 234

Elemente aus zwei Flüssigkeiten bestehend . . . . . 235
» » einer Flüssigkeit und einem Gase bestehend . 237
» » zwei Gasen bestehend . . . . . 237

**III. Secundär-Elemente** . . . . . 239

Secundär-Elemente mit 2 Bleiplatten 239. — Chemische Vorgänge 244. — Abänderungen des Planté-Elementes 255. — Secundär-Elemente mit 1 Bleiplatte 266. — Secundär-Elemente ohne Bleiplatte 271. — Das Laden der Accumulatoren 274. — Der Wirkungsgrad der Accumulatoren 286. — Anwendungen der Accumulatoren 288.

**IV. Thermosäulen** . . . . . 295

**V. Tafel** . . . . . 310

**VI. Schlusswort** . . . . . 312

**VII. Index** . . . . . 317

**VIII. Namensverzeichniss** . . . . . 319

# Illustrations-Verzeichniss.


| Fig. | | Seite |
|---|---|---|
| 1. | Elementschaltungen | 17 |
| 2, 3 und 4. | Elementschaltungen | 18 |
| 5. | Voltameter | 20 |
| 6. | » | 21 |
| 7. | Volta-Element | 41 |
| 8. | » Säule | 42 |
| 9. | Cruikshanks-Säule | 43 |
| 10. | Wollastons- » | 43 |
| 11. | Schmidt- » | 44 |
| 12. | Münch- » | 44 |
| 13. | Faraday- » | 45 |
| 14. | Young- » | 45 |
| 15. | Hares Calorimeter | 45 |
| 16. | Smee-Element | 47 |
| 17. | Tyer- » | 48 |
| 18. | Pulvermachers Kette | 59 |
| 19. | Zink-Kohle-Element | 64 |
| 20. | Maiche-Element | 68 |
| 21. | Leclanché-Element | 77 |
| 22. | » » | 83 |
| 23. | » » | 84 |
| 24. | Tyer-Element | 84 |
| 25. | Leiter- » | 93 |
| 26. | Howell » | 95 |
| 27. | Grove- » | 99 |
| 28. | » » | 99 |

| Fig. | | Seite |
|---|---|---|
| 29. | Bunsen-Element | 103 |
| 30. | » » | 104 |
| 31. | Fuller- » | 131 |
| 32. | Camacho-Element | 134 |
| 33. | Grenet- » | 140 |
| 34. | Bunsen-Tauchbatterie | 142 |
| 35. | » » | 143 |
| 36. | Hauck- » | 144 |
| 37. | Trouvé- » | 148 |
| 38. | Stöhrer- » | 151 |
| 39. | Grenet Jarriant-Tauchbatterie | 154 |
| 40. | » » » | 157 |
| 41. | Griscom- » | 164 |
| 42. | Anderson-Element | 165 |
| 43. | Daniell- » | 170 |
| 44. | Kramer- » | 177 |
| 45. | Siemens-Halske-Element | 180 |
| 46. | Trouvé- » | 183 |
| 47. | Meidinger- » | 187 |
| 48. | Meidinger Ballon- » | 189 |
| 49. | Gaiffe- » | 192 |
| 50. | Kohlfürst- » | 194 |
| 51. | Callaud- » | 196 |
| 52. | » » | 200 |
| 53. | Lockwood- » | 201 |
| 54. | Terquem-Callaud- » | 204 |
| 55. | Thomson- » | 206 |
| 56. | Reynier- » | 209 |
| 57. | Trouvé- » | 218 |
| 58. | Niaudet- » | 222 |
| 59. | Delarue- » | 226 |
| 60. | Gaiffe- » | 227 |
| 61. | Planté- » | 242 |
| 62. | » » | 243 |
| 63. | » -Batterie | 250 |
| 64. | Méritens-Accumulator | 256 |

| Fig. | | Seite |
|---|---|---|
| 65. | Tommasi-Accumulator | 257 |
| 66. | Pezzer- » | 257 |
| 67. | Kabath- » | 259 |
| 68. | Faure- » | 263 |
| 69. | Maschinen-Schaltungen zum Laden der Accumulatoren | 277 |
| 70. | » » » » » » | 277 |
| 71. | » » » » » » | 278 |
| 72. | Hospitalier-Umschalter | 281 |
| 73. | Kabath- » | 283 |
| 74. | Reynier's Umschalter | 284 |
| 75. | Stromwechsler Judet | 285 |
| 76. | Wagen mit Accumulatoren | Titel |
| 77. | Locomotive für » | » |
| 78. | Elektrische Eisenbahn mit Accumulatoren | 293 |
| 79. | Marcus Thermosäule | 300 |
| 80. | Noe's » | 301 |
| 81. | » » | 301 |
| 82. | Hauck- » | 304 |
| 83. | Clamond- » | 307 |
| 84. | » » | 307 |
| 85. | » » | 308 |

# Elektrische Einheiten.

**Mass-Einheiten, welche zu elektrischen Messungen dienen.**

I. Die absoluten oder C. G.S. (Centimeter-Gramm-Secunde-) Einheiten.

1. Längeneinheit: 1 Centimeter.

2. Zeiteinheit: 1 Secunde.

3. Krafteinheit. Die Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche für eine Secunde lang auf eine frei bewegliche Masse von dem Gewichte eines Grammes wirkend, dieser Masse eine Geschwindigkeit von 1 Centimeter per Secunde verleiht.

4. Die Arbeitseinheit ist die Arbeit, welche von der Krafteinheit verrichtet wird, wenn dieselbe die Entfernung von 1 Centimeter zurücklegt. Diese Einheit ist in Paris = 0·00101915 Centimeter-Gramm, oder mit andern Worten, um das Gewicht eines Grammes einen Centimeter hoch zu heben, sind 980.868 Krafteinheiten nöthig.

5. Die Einheit der elektrischen Quantität ist diejenige Quantität von Elektricität, welche auf eine gleich grosse Quantität, die einen Centimeter weit entfernt ist, eine Kraft gleich der Krafteinheit ausübt.

6. Die Einheit des Potentials oder der elektromotorischen Kraft existirt zwischen zwei Punkten, wenn die Einheit der elektrischen Quantität bei ihrer Bewegung von dem einen Punkte zum andern die Krafteinheit gebraucht, um die elektrische Abstossung zu überwinden.

7. Die Widerstandseinheit ist die Einheit, welche nur einer Quantitätseinheit den Uebergang zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Potentialeinheit existirt, in einer Secunde gestattet.

II. Die sogenannten praktischen Einheiten für elektrische Messungen.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Weber, | Einheit der magnetischen Quantität | = | $10^8$ | C. G. S. Einheiten |
| 2. | Ohm [1]) | » des Widerstandes | = | $10^9$ | » » |
| 3. | Volt [2]) | » der elektromotor. Kraft | = | $10^8$ | » » |
| 4. | Ampère [3]) | » » Stromstärke | = | $10^{-1}$ | » » |
| 5. | Coulomb | » » Quantität | = | $10^{-1}$ | » » |
| 6. | Watt [4]) | » » Kraft | = | $10^7$ | » » |
| 7. | Farad | » » Capacität | = | $10^{-9}$ | » » |

[1]) 1 Ohm ist gleich 1·0493 Siem. Einh. und etwa gleich dem Widerstande von 48·5 Meter reinen Kupferdrahtes von einem Durchmesser von 1 Mm. bei einer Temperatur von 0° Celsius.

[2]) Ein Volt ist 5—10% weniger als die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes.

[3]) Der Strom, welcher durch die elektromotorische Krafteinheit, die Widerstandseinheit in einer Secunde zu durchfliessen im Stande ist, ist = 1 Amp.

[4]) Coulomb heisst jene Quantität der Elektricität, welche per Secunde ein Ampère giebt.

[5]) 1 Watt = Ampère × Volt. 1 H. P. (horse power) = $\frac{\text{Amp.} \times \text{Volt}}{746}$

1 Cheval de vapeur = $\frac{\text{Amp.} \times \text{Volt.}}{735.}$ = P. S. (Pferdestärke.)

## Widerstandseinheiten.*)

| Name der Einheit | CS—1 | Ohm | Siemens | Deutsche Meile Draht 4 mm. | Franz. Meile Draht 7mm. | Engl. Meile Kupferdr. 1·6 mm. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CS—1 | 1 | $10^{-9}$ | $1{,}05 \cdot 10^{-9}$ | $18 \cdot 10^{-12}$ | $105 \cdot 10^{-12}$ | $74 \cdot 10^{12}$ |
| Ohm | $10^9$ | 1 | 1,05 | 0,018 | 0,105 | 0,074 |
| Siemens | $95 \cdot 10^7$ | 0,95 | 1 | 0,017 | 0,1 | 0,071 |
| Deutsche Meile | $57 \cdot 10^9$ | 57 | 60 | 1 | 6 | 4,26 |
| Franz. Meile | $95 \cdot 10^8$ | 9,5 | 10 | 0,17 | 1 | 0,71 |
| Engl. Meile | $13414 \cdot 10^6$ | 13,414 | 14,12 | 0,235 | 1,41 | 1 |

## Stromeinheiten *)

| Name der Einheit | CGS | Ampère | Daniell / Siemens | Jacobi per Min. | Silber mg per Min. | Kupfer mg. per Min. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CGS | 1 | 10 | 8·5 | 105·2 | 676·5 | 198·6 |
| Ampère | 0·1 | 1 | 0·85 | 10·52 | 67·65 | 19·86 |
| Daniell : Siemens | 0·117 | 1·17 | 1 | 12·31 | 78·95 | 23·23 |
| Jacobi | 0·958 | 0 095 | 0·082 | 1 | 6·4 | 1·89 |
| Silber mg | 0·148 | 0·015 | 0·013 | 0·156 | 1 | 0·294 |
| Kupfer mg | 0 502 | 0·05 | 0.043 | 0·529 | 3·41 | 1· |

*) Uppenborn, IV. B. 7.

Ausser den von W. Thomson vorgeschlagenen und vom Pariser Congress angenommenen Centimeter-Gramm-Secunde — (C.G.S.)Einheiten stehen noch im Gebrauch: die von der British Association (B. A.) benützten Meter-Gramm-Secunde (M. G. S.) Einheiten und die von Gauss-Weber angegebenen Millimeter-Milligramm-Secunde (M. M. S.) Einheiten; wir bringen nachstehend eine übersichtliche Zusammenstellung, welche auch die Unterabtheilungen enthält.

| Bezeichnung der elektrischen Masseinheiten. | C.G.S. | M.G.S. | M.M.S. | Willkürl. E. |
|---|---|---|---|---|
| **Widerstand.** | | | | |
| Megohm . . . . . | $10^{15}$ | $10^{13}$ | $10^{16}$ | |
| Ohm . . . . . | $10^{9}$ | $10^{7}$ | $10^{10}$ | 1.0493 S. E. |
| Mikrohm . . . . . | $10^{3}$ | 10 | $10^{4}$ | |
| **Elektromotorische Kraft.** | | | | |
| Megavolt . . . . . | $10^{14}$ | $10^{11}$ | $10^{17}$ | |
| Volt (Volta) . . . . . | $10^{8}$ | $10^{5}$ | $10^{11}$ | 0·9 D. E. |
| Mikrovolt . . . . . | $10^{2}$ | $10^{-1}$ | $10^{4}$ | |
| **Stromstärke.** | | | | |
| Megoampère . . . . . | $10^{5}$ | $10^{4}$ | $10^{7}$ | |
| Ampère Farad per Secunde . | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | 10 | 10·52 Jacobi E. |
| Mikroampère . . . . . | $10^{-7}$ | $10^{-8}$ | $10^{-5}$ | |
| **Capacität.** | | | | |
| Farad (Faraday) . . . . . | $10^{-9}$ | $10^{-7}$ | $10^{-10}$ | |
| Mikrofarad . . . . . | $10^{-15}$ | $10^{-13}$ | $10^{-16}$ | |

hatte Volta ganz richtig erkannt, dass die Berührung mit den Metallen die Ursache der Zuckungen — Ursache einer Elektricitätserregung, sei.

In Verfolgung der Versuche Galvani's gelangte Volta zu einer bis dahin unbekannt gewesenen Elektricität liefernden Zusammenstellung, deren Beschreibung er schon 1800 veröffentlichte.

Sie bestand aus einem Zink- und einem Silberstreifen, welche beide, ohne sich zu berühren, in angesäuertes Wasser tauchten, kurz das war, was wir heute noch das Volta-Element nennen.

## Vorgänge im Volta-Elemente. Ursache der Elektricitätserregung.

Nachdem wir das Volta-Element seiner Zusammensetzung nach kennen gelernt haben, wollen wir die Vorgänge, welche in demselben zur Elektricitäts-Entwicklung Anlass geben, an der Hand des Experimentes zu erklären versuchen.

Zu diesem Behufe tauchen wir das Zink in ein isolirtes Gefäss, welches angesäuertes Wasser enthält.

Wir machen sofort die Bemerkung, dass eine Gasentwicklung stattfindet, nach einiger Zeit sehen wir auch deutlich, dass sich das Zink in der Flüssigkeit auflöst.

Unzweifelhaft wird bei diesem Vorgange chemische Spannkraft verbraucht, welche nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie irgendwie, wenn auch in anderer Form, zum Vorschein kommen muss.

Wir bemerken in der That bald, dass sich die Flüssigkeit erwärmt, und könnten so zu glauben ver-

anlasst werden, die chemische Energie sei in Wärme umgewandelt worden.

Eine auf geeignete Weise angestellte Untersuchung des Metalles mit dem Elektrometer zeigt uns aber auch noch, dass unser Zink in einen elektrischen Zustand gerathen sei; das Gleiche gilt von der Flüssigkeit.

Die Erklärung dieser Erscheinungen ist nun folgende:

Sobald Zink in die angesäuerte Flüssigkeit taucht, tritt eine Verbrennung, Oxydation des Metalles ein, bei welcher chemische Energie verausgabt und dafür elektrische Spannkraft erzeugt wird.

Diese bedingt eine Trennung der Elektricitäten, von welchen die negative in das Zink, die positive in die Flüssigkeit getrieben wird.

## Der galvanische Strom.

Es ist leicht verständlich, dass bald der Augenblick kommen muss, in welchem die Spannung eine solche Höhe erreicht, dass sich die weiters getrennten Elektricitäten wieder vereinigen, wenn das Zink und die Flüssigkeit nicht von unendlicher Grösse sind, also nur ein beschränktes Fassungsvermögen (Capacität) haben.

Dieser Vorgang ist es, welcher die von uns beobachtete Wärmeentwicklung im Gefolge hat.

Vergrössern wir jedoch das Zink und die Flüssigkeit, so können auch grössere Elektricitätsmengen geschieden werden, ehe die Spannung zu einer Wiedervereinigung Anlass giebt.

Da die Erde gegenüber unserer Elektricitätsquelle als unendlich gross aufgefasst werden darf, so können

wir unseren Elektricitätserregern leicht die gewünschte Ausdehnung ertheilen, wenn wir sie mit der Erde in Verbindung setzen.

Wir bringen daher am Zink einen Draht an, welchen wir zur Erde leiten, und senken in die Flüssigkeit eine Silberplatte, an der in gleicher Weise ein Draht befestigt und zur Erde geführt ist.

Diese Ableitungen wären etwa zu vergleichen mit dem Abflussrohr, das angebracht ist an der höchsten Stelle eines Wasserbehälters, den eine Pumpe mit Wasser versorgt.

Die Höhe, gemessen vom Wasserspiegel bis an den Rand des Wasserbehälters, würde die Spannung angeben, bei welcher die Wiedervereinigung der zu hebenden und gehobenen Flüssigkeit stattfindet.

Je grösser der Wasserbehälter ist, eine desto grössere Wassermenge wird er aufnehmen, desto später wird er überlaufen.

Dort wo die Ableitungsröhre wieder den Wasserspiegel erreicht, ist die Hubhöhe Null geworden, ganz entsprechend unserem Drahte, in welchem dort, wo er mit der Erde verbunden ist, gleichfalls die Spannung der Elektricität Null ist.

Gerade so wie wir ein Kreisen der Flüssigkeit erreichen, indem wir das Abflussrohr direct mit unserer Pumpe in Verbindung setzen, können wir die beiden Drahtenden statt mit der Erde, mit einander vereinigen. Es geschieht dann ausserhalb des Elementes das, was sonst innerhalb vorgeht, das heisst, die Elektricitäten vereinigen sich im Drahte unter gegenseitiger Vernichtung.

In dem Drahte entsteht dann das, was wir einen galvanischen Strom nennen, eine Bezeichnung, die abgeleitet ist von dem beständigen Zu- und Abfliessen der erzeugten Elektricitäten, welches in dem Drahte eines geschlossenen galvanischen Elementes, so heisst jetzt unsere Vorrichtung, stattfindet.

Gewöhnlich, und auch wir werden dies künftig thun, wird nur die Strömungsrichtung der positiven Elektricität ins Auge gefasst.

## Wirkungen des galvanischen Stromes.

Dass der Draht, welcher das Zink und die Flüssigkeit verbindet, besondere Eigenschaften erwirbt, lässt sich durch folgende vier Versuche überzeugend beweisen.

Einmal führen wir denselben in mehrfachen Windungen um eine in ihrer Ruhelage befindliche Magnetnadel und zwar in einer Ebene, die senkrecht zu deren Schwingungsebene ist.

Sobald wir den Draht an das Zink anlegen, verlässt die Nadel ihre Ruhelage, wird wie man sagt abgelenkt.

Schneiden wir den Verbindungsdraht auseinander und verbinden die Enden mit einem sehr feinen Platindraht, so bemerken wir, dass dieser sich erwärmt; berühren wir mit den Drahtenden unsere Zunge, so empfinden wir einen eigenthümlichen Geschmack; drücken wir sie endlich auf feuchtes, mit Jodkalium getränktes Papier, so färbt sich dieses blau, was von einer Jodausscheidung herrührt.

Wir erhalten also viererlei Wirkungen, die wir nur dem elektrischen Strome zuschreiben können; eine magnetische, eine thermische oder Wärmewirkung; eine physiologische und eine chemische.

### Elektromotorische Kraft, Potential.

Bevor wir in den Untersuchungen über das Volta-Element weiter gehen, wollen wir noch einige Begriffe, deren wir bedürfen, feststellen und klarlegen.

Zur Scheidung der entgegengesetzten Elektricitäten ist eine gewisse Kraft nöthig, welche durch den chemischen Process geweckt wird und die elektromotorische Kraft heisst.

Wir könnten sie, unserem gegebenen Beispiele folgend, mit der Pumpe vergleichen, und die Kraftmaschine, welche diese in Bewegung setzt, dem chemischen Processe zur Seite stellen.

Die Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben wird, giebt uns das Mass der Arbeit, die Hubhöhe der Pumpe an, sie wird das Potential der Elektricitätsmenge genannt.

Denken wir uns das Zink mit dem Wasserbehälter verglichen, die Flüssigkeit unseres Elementes mit dem Gefässe, aus welchem das Wasser entnommen wird, und zählen die Höhe vom ursprünglichen Wasserspiegel aufwärts positiv, nach abwärts, d. h. um wie viel er sinkt, negativ, so ergeben sich folgende Fälle, wenn wir annehmen, dass die Hubhöhe der Pumpe eine ganz bestimmte $h$ ist.

Die beiden Gefässe haben gleichen Fassungsraum oder gleiche Capacitäten, dann wird der Wasserspiegel

in dem einen eben so viel steigen als er in dem anderen fällt und wir erhalten nach einiger Zeit die Gesammthöhe aus dem Unterschiede beider Höhen

$$+\frac{h}{2} - (-\frac{h}{2}) = h$$

Das Gleiche gilt von den Potentialen der + und — Elektricitäten, des Zinks und der Flüssigkeit, wenn beide gleiche Capacitäten haben, was im Allgemeinen bei gleicher Oberfläche der Fall ist — es ist dann

$$+P - (-P) = 2P.$$

Aus diesem Beispiele ergeben sich alle anderen Schlussfolgerungen von selbst.

Leiten wir das Zink zur Erde ab, d. h. machen wir seine Capacität unendlich gross, was einem unendlich grossen Auffanggefäss entspricht, so wird das ganze $h$ negativ werden, da wir angenommen haben, dass die Hubhöhe $h$ eine der Pumpe eigenthümliche Eigenschaft sei, oder wir erhalten — 2 $P$, d. h. das Potential der negativen Elektricität wird doppelt so gross Umgekehrt verhält es sich mit der Flüssigkeit; ebenso auch können alle Zwischenstufen eintreten.

Da, wie wir schon gesagt haben, sich die Elektricitäten im Stromkreise eines geschlossenen galvanischen Elementes vernichten, also an einem Querschnitt des Leiters das Potential Null herrscht, ist leicht begreiflich, dass die verschiedenen Querschnitte verschiedene Potentiale haben und das Maximum nur an den Polen, d. h. an dem Zink und an dem Ableitungsstreifen gemessen werden kann.

Während es aber möglich ist, mittelst eines Elektrometers das Potential direct zu messen, muss

die elektromotorische Kraft berechnet werden. Nur die Potential-Differenz an den Polen eines offenen Elementes giebt zugleich die Grösse der elektromotorischen Kraft eines Elementes an, dabei genügt die Bestimmung des Potentiales eines derselben; es darf aber nicht vergessen werden, dass der andere dann zur Erde abgeleitet, d. h. die Capacität desselben unendlich gross gemacht werden muss.

Ein galvanischer Strom findet überall dort statt, wo an zwei Stellen eines Leiters eine Potential-Differenz besteht, und zwar fliesst der Strom von der Stelle des höheren Potentials zu jener des niedrigeren.

## Widerstand.

Nach diesen vorläufigen Auseinandersetzungen kehren wir zu unserem Elemente zurück und verbinden dessen Drähte, nachdem wir sie in besprochener Weise um eine Magnetnadel geschlungen haben. Der Kürze wegen wollen wir dieser Vorrichtung den ihr gewöhnlich zukommenden Namen Stromboussole oder Galvanometer geben.

Die Nadel wird, sobald der Stromkreis geschlossen, d. h. eine ununterbrochene Verbindung des Zinkes mit dem Ableitungsstreifen durch einen Elektricitätsleiter hergestellt ist, sogleich ihre Ruhelage verlassen, einen Ausschlag geben.

Der Ausschlag wird jedoch kleiner, wenn wir den Ableitungsstreifen vom Zink entfernen, er wird grösser im entgegengesetzten Falle.

Bevor wir an die Beantwortung der Frage nach der Ursache dieser Erscheinung gehen, wollen wir

die stattfindenden Vorgänge noch einmal kurz vorführen.

Die Säure löst das Zink auf, erweckt dadurch die elektromotorische Kraft, diese trennt die Elektricitäten, treibt die negative in das Zink, die positive in die Flüssigkeit. Aus letzterer wird sie abgeleitet, um sich im Verbindungsdrahte mit der vom Zink kommenden zu vereinigen, wobei sie die eben beobachtete Erscheinung hervorbringt.

Da durch das Bewegen des Ableitungsstreifens nichts an den Vorgängen geändert werden kann, der Nadelausschlag bei Vergrösserung des Abstandes desselben vom Zink aber kleiner, also der Strom schwächer wird, müssen wir annehmen, dass durch diesen Vorgang dem Abfliessen der Elektricität von der Erregungsstelle, der Zinkoberfläche, ein Hemmniss bereitet, ein Widerstand entgegengesetzt wird — der mit der Dicke der Flüssigkeitsschichte zwischen den Elektroden zunimmt.

Wir lernen so einen neuen Begriff kennen, den des elektrischen Widerstandes.

Diese Erscheinung lässt sich vergleichen mit jener, welche eintritt, wenn wir die Zuflussröhre, die von der Pumpe in das Sammelgefäss führt, verengern. Die elektromotorische Kraft, die Pumpe, das Potential, die Hubhöhe bleiben dieselbe, aber die abfliessende Wassermasse und damit die Wirkung, welche diese hervorbringen kann, wird kleiner.

Denken wir uns die Abflussröhre verkleinert, so wird ebenfalls das Gleiche erreicht, die abfliessende Wassermenge wird geringer und ein Theil tritt über den Rand des Sammelgefässes.

Dem entsprechend müssten wir auch eine Verringerung der Stromstärke erhalten, wenn wir zwischen dem Elemente und dem Galvanometer einen Widerstand einschalten. Dies geschieht in der That, wenn wir die Zuleitungsdrähte um ein Beträchtliches verlängern.

Wir haben auf diese Weise erfahren, dass im Stromkreise, so heisst die Gesammtheit von Stromquelle und der Leitung, zweierlei Widerstände unterschieden werden müssen, einer im Elemente selbst, der von der Stromerzeugung untrennbar ist und der wesentliche oder innere Widerstand heisst, und dann der äussere Widerstand, der im Leiter liegt, welcher die beiden Pole, das sind die aus der Flüssigkeit herausragenden Theile der Zink- und der Silberplatte, verbindet.

Auf diese Verhältnisse abzielende Untersuchungen haben ergeben, dass der Widerstand, welchen ein Leiter dem Strome entgegensetzt, im geraden Verhältnisse mit seiner Länge zunimmt, aber abnimmt mit der Vergrösserung des Querschnittes.

Die Richtigkeit des letzteren Satzes, dass der Widerstand mit der Vergrösserung des Querschnittes der Leiter abnehme, zu prüfen, wollen wir uns ein neues Element mit grösseren Elektroden, so nennt man die Zink- und Silberplatte, herstellen, für dasselbe jedoch dieselbe Säuremischung verwenden.

### Grössen-Ursache der elektromotorischen Kraft.

Verbinden wir nun die Pole mit dem Galvanometer, so erhalten wir in der That einen grösseren

Ausschlag als der des früheren Elementes war. Jeden Zweifel, der vielleicht bezüglich des Verhaltens der elektromotorischen Kraft auftauchen könnte, zu beseitigen und zu bekräftigen, dass diese nur von der chemischen Energie abhängt und ganz unabhängig von der Grösse der Elektroden ist, wollen wir einen überzeugenden Versuch anstellen.

Wir verbinden die Zinke des grossen und des kleinen Elementes mit einander und führen die Drähte der Ableitungsstreifen zu unserem Galvanometer.

Die Nadel bleibt hierbei vollkommen in Ruhe, trotzdem doch das grössere Element früher einen grösseren Ausschlag nach rechts als das kleinere nach links gegeben hatte.

Da die Ströme gegeneinander laufen, ist nichts anderes denkbar, als dass sich die elektromotorischen Kräfte aufgehoben haben.

Hier herrschen etwa dieselben Verhältnisse, wie bei zwei verschieden weiten, aber gleich hoch mit Wasser gefüllten Gefässen, die durch eine Röhre am Boden mit einander in Verbindung gesetzt werden.

Nehmen wir einmal statt der Zinkelektrode eine solche aus Eisen und lassen die sonstigen Verhältnisse ungeändert, so wird uns der Ausschlag des Galvanometers lehren, dass entweder der innere Widerstand zu- oder die elektromotorische Kraft abgenommen habe, denn der Ausschlag, welchen das eine Element veranlasst, ist bedeutend kleiner als jener, den wir mit dem Zinkelemente erreichten.

Um darüber ins Klare zu kommen, verbinden wir die Zinkelektrode des einen Elementes mit der Eisen-

elektrode des anderen, die beiden übrigbleibenden Pole mit dem Galvanometer.

In dem dadurch hergestellten Stromkreise herrscht für jedes der Elemente derselbe Widerstand, auch hatten wir für gleiche Abstände der Elektroden Sorge getragen, so dass sich also die Angaben des Galvanometers nur auf die elektromotorischen Kräfte beziehen können.

Der Ausschlag zeigt uns, dass die Kraft des Zink-Elementes überwiegt; damit gewinnen wir die Ueberzeugung, dass die Grösse der elektromotorischen Kraft in unserem Elemente von der Natur der Lösungselektrode abhängig sei.

Vertauschen wir die Eisenelektrode mit einer solchen, die aus einem anderen Metalle hergestellt ist und ziehen unser Galvanometer wie oben zu Rathe, so erfahren wir, dass fast alle Zusammenstellungen dieser Art einen kleineren Ausschlag der Nadel bewirken, als das Zink-Element.

Stellen wir die verschiedenen Metalle je nach ihrer stärkeren oder schwächeren stromerregenden Kraft zusammen, so bekommen wir die sogenannte Spannungsreihe, an deren Spitze das Zink, an deren Ende das Platin stehen wird.

Diese Reihe, welche wir folgen lassen, hat nur volle Giltigkeit, wenn die Erregungsflüssigkeit verdünnte Schwefelsäure ist.

Es giebt zwar einzelne Metalle, wie z. B. Kalium, Natrium, Magnesium, welche noch kräftiger als Zink wirken; weil sie aber zu hoch im Preise stehen, um einer praktischen Verwendung fähig zu sein, wurden sie übergangen.

Schon Volta war eine solche Reihe, die er aus zahlreichen Versuchen folgerte, bekannt, und wir führen sie an, nur um zu zeigen, dass, trotzdem Volta nicht von der chemischen Erregung des Stromes ausgieng, dieselbe vollkommen aufrecht erhalten werden kann, was sie dem Umstande verdankt, dass die Reihenfolge eben durch Versuche gefunden wurde.

Einzelne Abweichungen rühren wahrscheinlich von der Unreinheit der angewendeten Metalle her.

| Volta: | Pfaff: |
|---|---|
| Zink, | Zink, |
| Blei, | Cadmium, |
| Zinn, | Zinn, |
| Eisen, | Blei, |
| Kupfer, | Wolfram, |
| Silber, | Eisen, |
| Gold, | Wismuth, |
| Kohle, | Antimon, |
| Graphit, | Kupfer, |
| Braunstein. | Silber, |
| | Gold, |
| | Tellur, |
| | Platin, |
| | Palladium. |

Diese Reihe bietet weiters die Eigenthümlichkeit, dass von 2 Gliedern derselben immer jenes die Rolle der Lösungselektrode spielt, das von den beiden dem Zink näher steht. Die Ursache dieser Erscheinung werden wir später erkennen lernen.

## Zusammenhang zwischen Stromstärke, elektromotorischer Kraft und Widerstand.

### Ohm'sches Gesetz.

Aus den bisher angestellten Versuchen geht mit unbestreitbarer Bestimmtheit hervor, dass zwischen der Stärke eines Stromes, der elektromotorischen Kraft und dem Widerstande ein Zusammenhang bestehen muss.

Das Verdienst, denselben zuerst klargelegt zu haben, gebührt dem deutschen Physiker Ohm, der den Satz ausgesprochen hat, dass die Stromstärke gerade proportional der elektromotorischen Kraft und umgekehrt proportional dem Widerstande sei.

Dieser Satz, welcher das Ohm'sche Gesetz genannt wird, lässt sich durch die Formel $I = \frac{E}{W}$ ausdrücken, in welcher $I$ die Stromstärke, $E$ die elektromotorische Kraft und $W$ den Widerstand bedeutet.

Da aber, wie wir wissen, im Stromkreise zweierlei Widerstände vorhanden sind, müssen wir beiden in der Formel Rechnung tragen und das $W$ scheiden in den inneren und äusseren Widerstand, welchen wir die Zeichen $i$ und $a$ geben wollen, wodurch sich die Formel wie folgt umgestaltet $I = \frac{E}{W_i + W_a}$.

Näher auf diesen Gegenstand einzugehen, würde uns zu weit führen, wir müssen in dieser Beziehung auf die in einem späteren Bande behandelten Grundlehren der Elektricität verweisen.

## Veränderung der Stromstärke durch Verbindung mehrerer Elemente zu einer Batterie, Kette oder Säule.

Nachdem wir wissen, dass eine Vergrösserung von $I$ sowohl durch Vergrösserung der elektromotorischen Kraft als auch durch ein Vermindern des Widerstandes $W$ erreicht werden kann, ist es an der Zeit, die Art und Weise zu besprechen, wie dies geschieht. Zwei Elemente auf geeignete Weise mit einander verbunden müssen offenbar mehr leisten können als eines derselben.

Wir können uns denken, dass entweder beide Zinke mit einander und beide Ableitungsstreifen mit einander verbunden werden, oder dass das Zink des einen mit dem Ableitungsstreifen des anderen in Verbindung steht.

Kommen wir wieder auf das Beispiel von unserem Wasserbehälter mit der Ableitungsröhre zurück, so hätten wir im ersteren Falle zwei derlei Abflussröhren von zwei gleich hohen Wasserbehältern nebeneinander, im zweiten Falle hingegen übereinander zu denken.

Im ersteren Falle haben wir dann den halben Widerstand, weil den doppelten Querschnitt, aber dieselbe elektromotorische Kraft.

Im zweiten Falle verdoppelt sich die elektromotorische Kraft sowohl als auch der Widerstand.

In Anwendung gebracht auf die uns bekannte Formel

$$I = \frac{E}{W} = \frac{E}{W_i + W_a}$$

haben wir also für den ersten Fall

$$I = \frac{E}{\frac{W_i}{2} + W_a}$$

oder allgemein für $n$ Elemente

$$I = \frac{E}{\frac{W_i}{n} + W_a}$$

für den zweiten Fall

$$I = \frac{n\,E}{n\,W_i + W_a}$$

Den Fall, dass die gleichnamigen Pole mit einander verbunden und die von den so vereinigten Polen ausgehenden Drähte zu den Apparaten geführt werden, nennt man eine Verbindung oder Schaltung der Elemente auf Quantität, sie hat nichts weiter im Gefolge, als dass ein Element von grösserer Oberfläche gebildet wird.

Betrachten wir den Fall, dass der Widerstand $W_a$ im Schliessungskreise verschwindend klein, gleich Null ist, so ergiebt sich aus:

$$I = \frac{E}{\frac{W_i}{n} + W_a} \qquad I_1 = \frac{n\,E}{W_i}$$

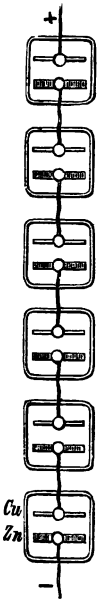
dass die Stromstärke der Oberfläche oder Anzahl der verbundenen Elemente proportional ist, was annähernd auch noch bei sehr kleinen Widerständen gilt.

Für die hintereinander geschalteten, oder auf Spannung verbundenen Elemente wollen wir gleichfalls $W_a$ = Null annehmen, wir erhalten dann aus

$$I = \frac{n\,E}{n\,W_i + W_a};\ I_2 = \frac{n\,E}{n\,W_i} \text{ oder} = \frac{E}{W_i}$$

das heisst, wir haben keine grössere Stromstärke als wie von einem einzelnen Elemente zu erwarten. Hat dagegen $W_a$ gegen $W_i$ ein so bedeutendes Uebergewicht, dass $n\,W_i$ als dagegen verschwindend klein vernachlässigt werden darf, geht

Fig. 1.




$$I = \frac{n\,E}{n\,W_i + W_a} \text{ über in } I_3 = \frac{n\,E}{W_a}$$

das heisst, die Stromstärke ist der Anzahl der zur Säule verbundenen Elemente proportional. Ist daher ein grosser Leistungswiderstand zu überwinden, so wird durch das Hintereinanderschalten von Elementen eine Steigerung der Stromstärke erreicht.

Um diesen wichtigen Gegenstand recht deutlich zu machen, wollen wir die verschiedenen Schaltungsweisen an sechs Elementen durchführen.

Jedes der Elemente hat die elektromotorische Kraft $E$ mit dem Widerstand $W_i$. Verbinden wir sie (Figur 1) alle hintereinander zur Kette, Säule, oder auf Spannung, das heisst das Zink *Zn* der vorhergehenden mit dem Kupfer *Cu* des nachfolgenden, dann erhalten wir 6 $E$ und 6 $W_i$.

Verbinden wir alle Zinke mit einander und ebenso alle Kohlen, das heisst schalten wir sie parallel, auf Quantität, oder grosse Oberfläche, alles Bezeichnungen für diese Art der Schaltung (Fig. 2), dann haben wir $E$ und $\frac{W_i}{6}$

Verbinden wir 3 auf Spannung und die so entstehenden beiden Säulen auf grosse Oberfläche (Fig. 3), so erhalten wir $3\,E$ und $3\frac{W}{2}$.

Fig. 2.

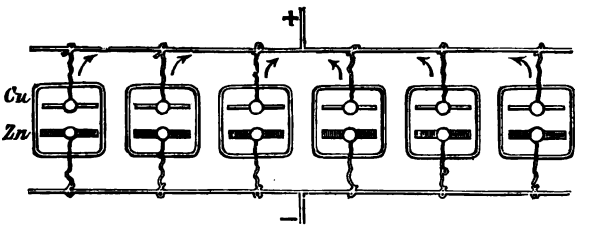



Fig. 3.

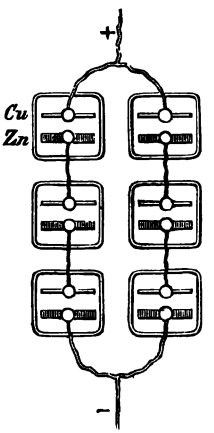
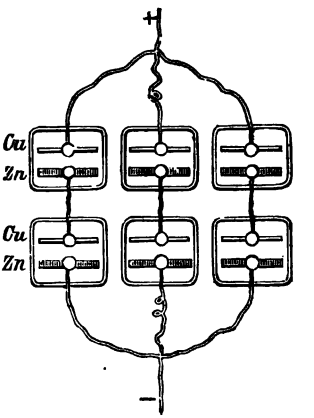



Fig. 4.




Schalten wir endlich je 3 Elemente auf grosse Oberfläche, die 2 so entstehenden beiden grossplattigen Elemente hintereinander auf Spannung (Fig. 4), so ergiebt sich $2\,E$ und $2\frac{W}{3}$.

Es ist unzweifelhaft, dass wir auf diese Art alle möglichen Stromstärken erzielen können, und es würde sich dann als zweckmässig herausstellen, recht viele kleine Elemente in Gebrauch zu nehmen und diese dann je nach Bedarf zu verbinden.

In der That haben einige Physiker diesen Weg eingeschlagen und sich mehrere tausend kleiner Elemente zusammengestellt, die sich mit Hilfe sogenannter Pachytrope, die später besprochen werden, leicht nach Belieben verbinden lassen.

Für gewöhnlich jedoch baut man die Elemente lieber den Zwecken, welchen sie dienen sollen, entsprechend.

Für telegraphische Zwecke, wo der Widerstand wenig in Betracht kommt, schaltet man alle hintereinander, und für andere Verwendungen baut man lieber von vorneherein grossplattige Säulen.

## Stromarbeit.

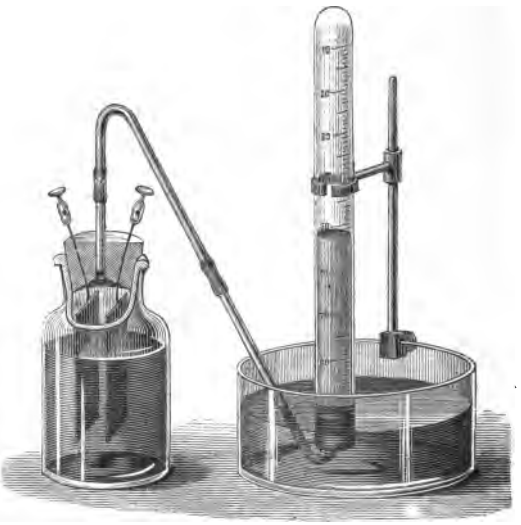
### Voltameter.

Wir wir bereits wissen, ist der galvanische Strom befähigt, chemische Zersetzungen zu vollführen, was uns um so weniger in Erstaunen versetzen kann, als wir ja wissen, dass er dem Entstehen chemischer Verbindungen sein Dasein verdankt.

Die Spannkraft, welche aufgewendet wurde, um die Elektricitäten zu trennen, wird eben bei deren Vereinigung wieder frei und kann dann, was sich früher verbunden, wieder lösen, gerade so, wie wir die hin-

und hergehende Bewegung des Dampfkolbens unter Vermittlung der Kreisbewegung der Transmissionen an dem von uns gewünschten Orte wieder in eine mit der ursprünglichen ganz übereinstimmende zurück verwandeln können.

Fig. 5.



Den Bemühungen Faraday's ist es gelungen, nachzuweisen, dass die chemische Wirksamkeit einer galvanischen Stromquelle gleichen Schritt hält mit ihrer magnetischen, kurz gesagt, dass die in einer bestimmten Zeit stattfindenden Zersetzungen den Stromstärken proportional sind.

Eines der bekanntesten und ältesten Instrumente, welche dazu dienen, die Stromstärke auf chemischem Wege zu bestimmen, ist der Wasserzersetzapparat, dem

Faraday in Ansehung seiner Eignung den Namen Voltameter gegeben hat.

Das Voltameter besteht im Principe aus zwei Platinplatten, welche unter angesäuertes Wasser tauchen und nach oben von einer Glocke bedeckt sind, welche es ermöglicht, die frei gewordenen Gase aufzusammeln.

Eine der gebräuchlichsten Formen ist jene, welche Fig. 5 darstellt.

Fig. 6.

Zwei an Plantindrähten befestigte Platinplatten sind vermittelst der letzteren von einem Stöpsel getragen, der genau in den Hals einer Flasche eingeschliffen ist. Dieser Stöpsel ist ausserdem mit einer Bohrung versehen, durch welche die Gase einen Abzug finden. Eine gut und luftdicht eingefügte Röhre führt sie dann unter eine getheilte Glasglocke.

Da Sauerstoff vom Wasser stärker absorbirt wird, auch leicht sonst Gelegenheit findet, sich zu verbinden, giebt das Messen des Knallgases Anlass zu Irrungen, und man zieht es zuweilen vor, beide Gase getrennt aufzufangen.

Einen hierzu tauglichen Apparat stellt Fig. 6 dar, der wohl keiner weiteren Erklärung bedarf.

Um eine Messung anzustellen, beobachtet man genau den Zeitraum zwischen dem Schliessen und Oeffnen der Kette, misst die Zunahme an Knallgas,

bringt dann noch die Correctur wegen Temperatur und Luftdruck an, da es sich darum handelt, wie viel Kubikcentimeter Knallgas bei Null Grad C. und 760 Mm. Quecksilber-Druck in einer Minute aufgefangen werden, da ja die Anzahl von Kbcm. angiebt, wie vielmal der eben gemessene Strom stärker ist, als ein solcher, der in einer Minute unter denselben Bedingungen 1 Kbcm. Knallgas liefert.

Diese eben genannte Einheit der Stromstärke heisst nach jenem Physiker, der sie zuerst in Gebrauch genommen, die Jacobi-Einheit.

So geeignet dieses Instrument zur Bestimmung von Stromstärken zu sein scheint, so wenig ist es dasselbe in Wirklichkeit.

Abgesehen von dem schon erwähnten Umstande, dass die Gase absorbirt werden, verändern die Voltameter selbst und zwar auf verschiedene Art die Stromstärke. Einmal dadurch, dass sie einen bedeutenden und veränderlichen, weil von der Mischung des Wassers mit der Schwefelsäure abhängenden Widerstand in den Stromkreis einführen, wodurch man immer nur erfährt, welcher Strom durch das Voltameter hindurchgegangen ist, nicht aber, wie gross seine ursprüngliche Stromstärke war; ferner aber ist das Voltameter selbst die Entstehungsstätte eines Stromes, welcher dem zu messenden entgegengesetzt gerichtet ist, diesen also schwächt, wovon wir uns leicht überzeugen können, wenn wir gleichzeitig ein Galvanometer in den Stromkreis einschalten und, nachdem die Zersetzung einige Zeit gedauert hat, die Stromquelle ausschalten, dafür aber das Voltameter mit dem Galvanometer verbinden.

Dieser Strom, welchen man den Polarisationsstrom nennt, rührt von einer unvermeidlich stattfindenden Wiedervereinigung der geschiedenen Gase her; wir werden ihm später grössere Aufmerksamkeit schenken.

Ferner gelingt es nur mit wenigen Stromquellen durch ein Element das Wasser zu zersetzen. Man bedarf immer deren mehrere auf Spannung verbundene, und dauert es endlich ziemlich lange, bis man einige Kubikcentimeter Knallgas gesammelt hat, während welcher Zeit sich die Stromstärke der meisten Elemente schon stark verändert hat.

Man ist daher darauf verfallen, statt des Wassers Metallsalzlösungen der Zersetzung durch den Strom zu unterwerfen, wie z. B. das Silbernitrat oder Kupfersulfat.

Das Gewicht des in einer Minute abgeschiedenen Metalles dient sodann als Grundlage der Berechnung.

Bevor wir abschliessen, wollen wir noch bemerken, dass einem Vorschlage Faraday's zu Folge der Vorgang der chemischen Zerlegung eines Leiters »Elektrolyse«, der betreffende Leiter selbst »Elektrolyt«, die Eintrittsstelle des positiven Stromes »Anode«, die Austrittsstelle »Kathode«, der an ersterer ausgeschiedene Stoff »Anion«, der andere »Kation«, beide »Ionen« heissen; bei der Wasserzerlegung spielt der Sauerstoff die Rolle des Anion, der Wasserstoff jene des Kation.

Genaue Untersuchungen haben ergeben, dass für jeden Gramm abgeschiedenen Wasserstoff (also 9 Gr. Knallgas), 32·5 Gr. Zink im Elemente gelöst werden, was dem Aequivalent-Gewichte dieser Stoffe entspricht, so dass uns also der Zinkverbrauch selbst ein Mass der Stromstärke geben könnte, wenn die ganze Menge

dieses Metalles im Elemente zur Erzeugung von Elektricität aufgebraucht würde, was aber nicht immer der Fall ist. Da 1 Kbcm. Knallgas in der Minute entwickelt, d. i. die Jacobi'sche Stromeinheit, 0·05957 Mgr. Wasserstoff enthält und dieser 1·936 Mgr. Zink äquivalent ist, so hätte ein Strom, bei dessen Erzeugung in der Minute $x$ Mgr. Zink gelöst würden, eine Stromstärke

$$= I = \frac{x}{1{\cdot}936}.$$

Wir haben soeben betont, dass nicht alles gelöste Zink zur Stromerzeugung verbraucht wird, was ein grosser Uebelstand des galv. Elementes ist und von der Unreinheit des Metalles herrührt.

Einigermassen kann dem Mehrverbrauch des Zinkes dadurch begegnet werden, dass man dasselbe mit Quecksilber einreibt, amalgamirt, wodurch sich an der Oberfläche der Lösungselektrode eine Schichte aus in Quecksilber gelöstem Zink bildet, welche den sogenannten localen Einwirkungen widersteht.

Zum Schlusse wollen wir noch erwähnen, dass ein Strom, dessen Stärke ein Ampère beträgt, in der Secunde 0·324 Mgr. Kupfer von der positiven Elektrode der Zersetzungszelle zur negativen überführt.

## Vertheilung der Wärme im Stromkreis.

### Joule'sches Gesetz.

Wie wir bereits wissen, erwärmt sich ein galvanisches Element, weil die chemische Spannkraft sich auf die von uns angedeutete Weise in elektrische und diese wieder in Wärme umsetzt.

Durch Versuche ist nachgewiesen worden, dass 65 Gramm Zink, d. i. die dem Moleculargewichte entsprechende Grammzahl, 37.730 Wärmeeinheiten liefert. Unter Wärmeeinheit versteht man in diesem Falle eine Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 Gramm Wasser von Null$^0$ C. auf 1$^0$ C. erhöhen kann.

Denken wir uns die Pole durch einen Schliessungsdraht verbunden, so tritt, wie uns bekannt, auch eine geringere Erwärmung des Elementes ein, und wir sind berechtigt, daraus zu schliessen, dass ein Theil der Wärmemenge dem Schliessungsdrahte zu Gute kommt, da ja jetzt dort die Vereinigung der Elektricitäten stattfindet.

Zugleich machen wir die Beobachtung, dass die Zinkauflösung schneller oder langsamer vor sich geht, je nach der Grösse des Widerstandes im Schliessungsdrahte.

Nachdem schon Helmholtz die Behauptung aufgestellt hatte, dass die gesammte in einem Stromkreis auftretende Wärmemenge jener gleich sein muss, die durch den chemischen Process in der Stromquelle frei werden würde, haben verschiedene Physiker, vor Allem Thomson und Joule, diese Verhältnisse genauen Messungen unterzogen und nach deren Ergebnissen folgende Gesetze aufgestellt.

Die Wärme vertheilt sich in den verschiedenen Theilen des Stromkreises im Verhältniss zu deren Widerständen.

Der Wichtigkeit dieses Gesetzes entsprechend, wollen wir auf seine Entwicklung, so weit es der Rahmen dieses Buches gestattet, etwas näher eingehen.

Schalten wir in den Stromkreis eines Elementes ausser dem Galvanometer, welches uns dessen Stromstärke $I$ angiebt, eine Platinspirale, die einen bestimmten Widerstand $W_1$ besitzt, ein, so wird sich diese, wenn die Verhältnisse richtig gewählt sind, erwärmen.

Senken wir diese Spirale vor dem Stromschluss in ein Gefäss, welches eine gewogene Menge Wasser und ein Thermometer enthält, so können wir aus der Temperaturerhöhung, unter Beobachtung gewisser Vorsichten, die Wärmemenge berechnen, welche nöthig war, diese Temperaturerhöhung hervorzubringen.

Nachdem wir das Thermometer abgelesen haben, schliessen wir den Strom durch eine bestimmte Zeit und berechnen aus der Temperaturerhöhung die vom Strome $I$ gelieferte Wärmemenge $Q$.

Nun schalten wir noch eine Spirale von grösserem Widerstande $W_2$ ein, lassen sie aber nicht in das Gefäss tauchen. Das Galvanometer wird uns nun eine Stromstärke $I_1$ angeben.

Nachdem wir unsere erste Spirale durch dieselbe Zeit, wie bei dem ersten Versuche, der Einwirkung des Stroms $I_1$ ausgesetzt haben, werden wir aus der Thermometeranzeige eine gelieferte Wärmemenge $Q_1$ berechnen können. Halten wir den Wärmemengen $Q$ und $Q_1$ die

Stromstärken $I$ und $I_1$ entgegen, so ergiebt sich, dass sich die entwickelten Wärmemengen verhalten wie die Quadrate der Stromstärken, oder

$$Q : Q_1 = I^2 : I_1{}^2.$$

Nun denken wir uns die zweite Spirale ebenfalls in ein mit Wasser gefülltes und mit einem Thermometer versehenes Gefäss getaucht, das ganz dem ersten entspricht, und die Drähte einige Zeit der Einwirkung des Stromes ausgesetzt.

Aus den Thermometerangaben berechnen wir uns wieder die Wärmemengen $Q$ und $Q_1$, welche jetzt beide der Stromstärke $I_1$ entsprechen, wir werden sie ungleich gross finden und zwar ganz entsprechend den Widerständen $W_1$ und $W_2$ der Spiralen, woraus sich ergiebt:

Die bei gleicher Stromstärke in 2 Leitern von verschiedenen Widerständen entwickelten Wärmemengen sind diesen proportional, oder

$$Q : Q_1 = W_1 : W_2$$

Aus beiden Sätzen ergiebt sich:

$$Q = W I^2$$

Das heisst: Die in einem Leiter entwickelte Wärmemenge ist dem Widerstande desselben und dem Quadrate der Stromstärke proportional.

Diese Formel hat jedoch nicht blos in dieser engen Beschränkung Giltigkeit, sondern erstreckt sich dieselbe auf den gesammten Stromkreis einer Stromquelle, denn es würde uns nichts gehindert haben, statt die in beiden Spiralen freigewordenen Wärmemengen

zu bestimmen, hierfür den inneren und äusseren Widerstand des Stromkreises einzusetzen.

Nennen wir $W_i$ den innern Widerstand, $W_a$ den äusseren Widerstand $Q_i$ und $Q_a$ die entsprechenden Wärmemengen, so erhalten wir

$$Q_i = W_i I^2, Q_a = W_a I^2$$

und für $Q = Q_i + Q_a = (W_i + W_a) I^2$.

Da nun nach dem Ohm'schen Gesetze

$I = \frac{E}{W_i + W_a}$ oder $I(W_i + W_a) = E$ ist, können wir auch schreiben: $Q = I.E$ und weiters weil

$$I = \frac{E}{W_i + W_a}; \text{ ist } Q = \frac{E^2}{W_i + W_a}$$

Da es sich nur darum handeln kann, die nutzbare Wärme kennen zu lernen und diese im äusseren Stromkreise auftritt, müssen wir für dieselbe einen zweckmässigen Ausdruck zu gewinnen suchen.

Für die nutzbare Wärme, welche wir mit $Q_a$ bezeichnen wollen, ergiebt sich aus: $Q_a = W_a I^2$

$$Q_a = \frac{E^2 W_a}{(W_i + W_a)^2}$$

Es frägt sich nun, wann $Q_a$ ein Maximum erreicht; diese Frage zu beantworten, dazu soll nachfolgende Betrachtung dienen.

Einfluss nehmen würden nur die Widerstände und in Rechnung ziehen dürfen wir daher in diesem Falle nur den Ausdruck $\frac{W_a}{(W_i + W_a)^2}$ wenn dieser einen grössten Werth erreicht, erhalten wir auch für $Q_a$ das Maximum.

Setzen wir $\frac{W_a}{(W_i + W_a)^2} = \frac{1}{2x}$, so entspricht das Maximum einem Minimum von $x$.

$$2x W_a = (W_i + W_a)^2 = W_i^2 + 2 W_i W_a + W_a^2$$
$$0 = W_i^2 + 2 W_i W_a + W_a^2 - 2x W_a$$
$$W_a = x - W_i \pm \sqrt{(x - W_i)^2 - W_i^2}$$
$$= x - W_i \pm \sqrt{x^2 - 2x W_i}$$
$$= x - W_i \pm \sqrt{x(x - 2 W_i)}.$$

Aus dem letzten Ausdruck geht unzweifelhaft hervor, dass $W_a$ imaginär wird, sobald $x$ einen kleineren Werth als $2 W_i$ bekommt, und dass sein möglichst kleinster Werth $= 2 W_i$ ist; dieses eingesetzt, ergiebt also $\frac{W_a}{(W_i + W_a)^2} = \frac{1}{4 W_i}$

$$4 W_i W_a = W_i^2 + 2 W_i W_a + W_a^2$$
$$0 = W_i^2 - 2 W_i W_a + W_a^2$$
$$0 = (W_i - W_a)^2.$$

Aus welcher Schlussformel erhellt, dass für ein Maximum $W_i = W_a$ sein muss, das heisst, der äussere Widerstand gleich dem innern sein soll.

Bevor wir weitergehen, wollen wir das bisher Gesagte kurz wiederholen und an die einzelnen Sätze kurze Folgerungen anknüpfen.

1. Der Widerstand im äusseren Stromkreis ist sehr gross, d. h. der Schliessungsdraht ist lang und dünn, dann wird fast alle Wärme in diesem frei und er erwärmt sich.

Dass die Temperaturerhöhung nicht immer merkbar wird, rührt sowohl von der grossen Oberfläche solcher Drähte her, welche ein Abkühlen derselben durch die Luft sehr unterstützt, als auch von den

kleinen Elektricitätsmengen, welche sie durchfliessen, weil durch Vergrösserung des Widerstandes auch die Zinkauflösung verlangsamt, also die in einer bestimmten Zeit erzeugte Wärmemenge verringert wird.

2. Der äussere Widerstand ist gleich dem Widerstand der Stromquelle; dann vertheilt sich die Wärmemenge gleichförmig zwischen Schliessungskreis und dem Elemente und es kommt dann nur darauf an, welche Wärmemengen der Draht beansprucht, damit an demselben eine Temperaturerhöhung merkbar wird; ein Umstand, der nur von seiner specifischen Wärme abhängt.

Fordert der Draht eine bedeutend geringere Wärmemenge, um seine Temperatur um einen Grad zu erhöhen als das Element, so wird er sich stark erhitzen, ehe sich dieses merkbar erwärmt. Das letztere wird um so weniger der Fall sein, je grösser seine Ausdehnung ist.

3. Tritt endlich der Fall ein, dass der äussere Widerstand gegen den inneren sehr klein ist, dann wird sich das Element unter heftiger Zinkauflösung erhitzen.

Nicht immer aber ist es möglich, die Bedingungen zu erfüllen und wir müssen uns daher fragen, welches ist das günstigste Verhältniss ausser dem Maximum.

Höchst ungünstig stellt sich die Sache, wenn der Widerstand im Schliessungskreise kleiner als der im Elemente ist, weil bei geringerer Ausbeutung eine Steigerung der inneren Arbeit, eine vermehrte Zinkausgabe, die Folge davon wäre.

Kann jedoch im Gegentheile der äussere Widerstand grösser als der innere gewählt werden, so erhalten wir eine Verringerung der inneren Arbeit und gleichzeitig einen grösseren Theil der Gesammtwärme im äusseren Schliessungskreise.

Selbstverständlich darf aber eine gewisse Grenze nicht überschritten werden, weil sonst die gelieferte Elektricitätsmenge zu gering werden könnte.

Es muss eben der äussere Widerstand mindestens so gross gemacht werden als der innere des Elementes, und grösser, wenn eine geringere Elektricitätsmenge den ins Auge gefassten Zwecken genügt.

Man wird daher in gegebenen Fällen Widerstände einschalten, bis der äussere Widerstand grösser als der innere geworden.

Handelt es sich um Lampen, so werden eben mehr eingeschaltet als erforderlich wären, den äusseren Widerstand gleich dem inneren zu machen, ja Praktiker geben an, es sei vortheilhaft die Säule auf einen vier- bis fünffachen Widerstand arbeiten zu lassen.

Bisher haben wir angenommen, dass blos der äussere Widerstand unserer Willkür unterworfen ist. Es kann auch eine Anzahl von Elementen gegeben sein, von welchen wir eine solche Schaltung verlangen, dass in einem gegebenen Schliessungsbogen die möglichst grösste Wärmemenge geliefert wird.

Auf diesen Gegenstand werden wir bei den Secundär-Batterien und deren Verwendung zurück kommen.

### Berechnung des Effectes.

Handelt es sich darum, zu wissen, welchen Effect eine Säule in einem bestimmten Leiter zu leisten im Stande ist,

und soll derselbe in Calorien ausgedrückt werden, so hat man unter der Voraussetzung, die wir bisher stillschweigend gemacht haben, dass die Stromstärke in Ampères, der Widerstand in Ohms, die elektromotorische Kraft nach Volts gemessen wird, aus den Joule'schen Formeln per Secunde

$$A_{sc} = \frac{W.I^2}{9{\cdot}81.425} = \frac{E.I.}{9{\cdot}81.425}$$

Dabei bedeutet 9·81 die Beschleunigung der Schwere und 425 das mechanische Aequivalent der Wärme.

In der letzteren Formel ist unter $E$, worauf wir besonders aufmerksam machen, nicht etwa die elektromotorische Kraft der Stromquelle, sondern die Differenz der Potentiale, welche an den Endpunkten des Leiters gemessen wurden ($P$—$P^1$) verstanden. Wollen wir den Effect in Secundenkilogrammmetern wissen, so haben wir den letzten Ausdruck mit 425 zu multipliciren, d. h. für die Arbeitsleistung, ausgedrückt in solchen Einheiten, welche in dem Heben eines Kilogramms auf die Höhe eines Meters in der Secunde besteht, ist

$$A_{skm} = \frac{E\ I}{9{\cdot}81}$$

Wenn wir daher die in einem Leiter entwickelte Wärmemenge in Kilogrammcalorien (bei Elementen wird meist nach Grammcalorien gerechnet) gemessen haben, so erhalten wir den mechanischen Effect, indem wir mit 425 multipliciren, in Secunden-Kilogrammmetern.

## Ursache der Stromschwächung.

Bei den bisherigen Versuchen, welche wir mit unserem Elemente anstellten, machten wir unwillkürlich die Beobachtung, dass kurze Zeit nach Schluss desselben der Ausschlag der Magnetnadel anfängt kleiner und kleiner zu werden, bis sie auf einen bestimmten Punkt zurückgegangen ist, bei welchem sie ziemlich beharrlich stehen bleibt.

Da sowohl genügend Säure vorhanden, als auch sonst keine besonders auffallende Veränderung am Elemente merkbar ist, muss die Verringerung einer uns bisher unbekannten Ursache zugeschrieben werden.

Dieser auf den Grund zu kommen, wollen wir folgende Versuche anstellen.

Einmal vertauschen wir die Zinkelektrode mit einer frischen; der Ausschlag bleibt derselbe.

Wir vertauschen die Silberplatte, und da machen wir die Erfahrung, dass sich die Stromstärke hebt und einen Augenblick lang fast die ursprüngliche Höhe erreicht.

Wir sagen absichtlich »fast«, weil wir später sehen werden, dass dies so und warum es nicht anders der Fall ist.

Stellen wir endlich, nachdem die Stromstärke wie zu Beginn auf der niedrigsten Stufe angelangt ist, der Silberplatte abermals eine frische gegenüber, welche statt des Zinkes mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht ist, so bekommen wir einen zwar geringen, aber entgegengesetzten Ausschlag, so dass es scheint unsere Silberplatte sei zur Lösungselektrode geworden.

Diesen wenigen und einfachen Versuchen können wir entnehmen, dass die Ursache der Stromschwächung zum grössten Theile oder ausschliesslich an der Ableitungselektrode zu suchen ist.

Betrachten wir deshalb diese genau, während das Element einige Zeit geschlossen ist, so finden wir sie wie besät mit kleinen Gasbläschen.

Um zu untersuchen, ob wir diesen die Schuld beimessen können, wollen wir sie durch Schütteln oder Abkehren mittelst eines Pinsels entfernen.

Thatsächlich erreichen wir dadurch einen stärkeren Strom, der aber nicht bis zu jener Höhe ansteigt, welche wir durch Einführen einer frischen Elektrode erhalten.

Den ersteren Umstand können wir uns durch die Annahme erklären, dass die Wasserstoffbläschen, indem sie den Ableitungsstreifen bedecken, die innige Berührung zwischen der Flüssigkeit und der Elektrode vermindern, die Berührungsfläche verkleinern, woraus unzweifelhaft eine Steigerung des inneren Widerstandes und damit eine Schwächung des Stromes folgen muss.

Wir haben aber gesehen, dass unser Element sogar einen entgegengesetzt gerichteten Strom liefert, wenn wir eine frische Silberplatte der mit den Wasserstoffbläschen bedeckten gegenüber stellen.

Ueberdenken wir die Versuche, welche wir bisher mit unserer Stromquelle anstellten, so fällt uns auf, dass diese Erscheinung viel Aehnlichkeit mit dem Verhalten des Wasserzersetzapparates hat, an dessen Elektroden Sauerstoff und Wasserstoff ausgeschieden wurden; auch dieser Apparat sendet einen entgegengesetzt gerichteten Strom aus, der, wie wir wissen, Polarisationsstrom heisst.

Der Aehnlichkeit der Erscheinungen entsprechend, hat man auch eine solche Polarisation der Elektroden jener Elemente angenommen, die an ihrer Ableitungselektrode Stoffe abscheiden und dabei an der Stromstärke Einbusse erleiden.

Diese sogenannte Polarisation und damit auch das Verhalten unseres Elementes zu erklären, wollen wir nochmals auf die chemischen Vorgänge, welche sich in demselben abspielen, eingehen.

Die Zinkelektrode wird in dem angesäuerten Wasser oxydirt und von der Säure unter Wasserstoffabscheidung gelöst; statt dass sich aber, wie bei einer gewöhnlichen Auflösung des Zinkes in Säuren, der Wasserstoff an diesem Metalle entwickelt, erscheint derselbe, sobald der Stromkreis geschlossen ist, an der Ableitungselektrode.

Dieses Verhalten kann dadurch erklärt werden, dass die Zinkelektrode und die Flüssigkeit ein Element bilden, welches das Wasser zerlegt wie im Voltameter, wodurch an dem Zink als Anode Sauerstoff ausgeschieden wird, welcher sich mit vorhandenem Wasserstoff verbindet, während an der Ableitungselektrode, der Kathode in diesem Falle, Wasserstoff frei wird.

Bei einem frisch zusammengesetzten Elemente tritt diese Wasserstoffentwickelung nicht sofort, sondern erst später dem Auge sichtbar an der Ableitungselektrode auf.

Dieser Umstand wird dadurch leicht erklärt, dass man annimmt, die Flüssigkeit enthält gelösten Sauerstoff, der Luft entstammend, der den ausgeschiedenen Wasserstoff oxydirt; diese Annahme ist vollkommen zulässig, da sie Versuche, die in dieser Richtung angestellt wurden, durchaus bestätigt haben.

Wir haben auf diese Art im Elemente einen zweiten chemischen Vorgang in Betracht zu ziehen, welcher der Zinkoxydation um so ähnlicher ist, als ja der Wasserstoff auch ein Metall, freilich in Gasform ist.

Mit Recht können wir erwarten, dass die dabei stattfindende Elektricitätserregung auf die ursprüngliche verstärkend wirkt. Dass dem wirklich so ist, lehrt die mit den angestellten Messungen übereinstimmende Berechnung der elektromotorischen Kräfte aus den Wärmewerthen, welchen diese proportional sind.

Der Verbrennung eines Molecüles Zink und dessen Ueberführung in Zinksulfat entsprechen 108,090 Calorien, abgezogen müssen werden 68,360 Calorien, weil sie zur Wasserzersetzung verbraucht wurden, es bleiben also übrig 37,730 Calorien, die der elektromotorischen Kraft eines Elementes entsprechen, in welchem nur Zink aufgelöst wird.

Um in Bezug auf die elektromotorische Kraft einen Massstab zu bekommen, wollen wir als Einheit jene elektromotorische Kraft annehmen, bei deren Erzeugung 50,130 Calorien aufgewendet werden und die mit Daniell-Einheit bezeichnet wird. Wir haben also

$$\frac{37{,}730}{50{,}130} = 0{\cdot}74\ D$$

Nehmen wir aber an, dass aller Wasserstoff oxydirt wird, was einen Ersatz für die zur Trennung des Wasserstoffes vom Sauerstoff aufgewendeten 68,360 Calorien giebt, so bleiben also

$$\frac{106{,}090}{50{,}130} = 2{\cdot}11\ D$$

Dies, nämlich 0·74 — 2·11 *D*, sind thatsächlich die Werthe, zwischen welchen die elektromotorische Kraft unseres Elementes schwankt. Wir begreifen nun vollkommen, warum zu Beginn, wo die Flüssigkeit noch viel Sauerstoff enthält und fast aller Wasserstoff oxydirt wird, das Element so kräftig wirkt, und warum es um so schwächer wird, je länger es in Thätigkeit und je geringer der Widerstand im Schliessungskreis ist, was ja, wie uns bekannt, einen vermehrten Zinkverbrauch bedingt.

Es ist natürlich, dass wir uns fragen, wie können wir der Polarisation, der sogenannten Stromschwächung entgegenwirken.

(Wir werden die Bezeichnung »Polarisation« zuweilen gebrauchen; wenn wir von Polarisation der Elemente sprechen, aber immer nur die oben besprochene Schwächung derselben darunter verstehen.)

Versuche haben gezeigt, dass schon ein Vergrössern der negativen Elektrode genügt, eine Besserung zu erzielen; dies ist leicht verständlich, weil sich in diesem Falle der Wasserstoff auf eine grössere Fläche vertheilen muss und mehr Sauerstoff, welcher der Elektrode anhaftet, eingeführt wird.

Verringern wir den Umfang der positiven Elektrode, so wird der innere Widerstand vermehrt, dadurch, wenn wir das Gesetz einhalten, den äusseren Widerstand eher grösser als kleiner wie den inneren zu machen, weniger Zink gelöst und weniger Wasserstoff in Freiheit gesetzt.

Machen wir die negative Elektrode porös, so bringt sie mehr Sauerstoff in die Flüssigkeit; verdichtet sie gar Sauerstoff in den Poren, wie Platinschwamm,

um so besser, desto vollkommener wird die Verbrennung, desto stärker der Strom sein.

Endlich können wir noch die Flüssigkeit bewegen, zu- und abfliessen lassen, damit sie mit Sauerstoff in Berührung kommt, oder die negative Elektrode von Zeit zu Zeit der Luft aussetzen, damit selbe Sauerstoff aufnehmen kann.

Alles dies sind oftmals benützte Lösungen der obigen Frage, wie wir bald erfahren werden.

## Uebersichtliche Wiederholung des bisher Gesagten.

Der elektrische Strom entsteht, indem Elektricität in einem Leiter von der Stelle des höchsten Potentiales nach der des niedrigeren strömt, wobei nur die Richtung der positiven Elektricität in Betracht gezogen wird.

Die Höhe des Potentials, die Grösse der elektromotorischen Kraft, hängt von der chemischen Spannkraft der Stoffe ab, die sich mit einander verbinden, weniger der Spannkraft, welche bei etwa gleichzeitig auftretender Trennung anderer aufgebraucht wird.

Wird ein Metall aufgelöst, so heisst dieses die Lösungselektrode, in diese strömt die negative Elektricität, von ihr aus geht die positive Elektricität in die Flüssigkeit, aus der sie durch die zweite, die Ableitungselektrode, in den Leiter strömt, der beide Pole — so nennt man die über die Flüssigkeit ragenden Theile der Elektroden — verbindet.

Die Lösungselektrode heisst auch die positive, die Ableitungselektrode die negative Elektrode, da

man sich in der Flüssigkeit den Strom, wie ausser derselben vom positiven Pol zum negativen, von der positiven Elektrode zur negativen strömend denkt.

In Folge dessen heisst das Zink positive Elektrode, sie hat den negativen Pol, die Ableitungselektrode heisst die negative und hat den positiven Pol.

Der Widerstand, welchem der Strom in der Flüssigkeit begegnet, heisst der innere oder wesentliche Widerstand $W_i$, jener, der demselben im Leiter, der die Pole verbindet, entgegenwirkt, heisst der äussere Widerstand $W_a$.

Die Stromstärke ist gerade proportional der elektromotorischen Kraft, umgekehrt proportional dem Widerstande $Wi + Wa$, was durch die Formel $I = \frac{E}{Wi + Wa}$ ausgedrückt wird und unter dem Namen Ohm'sches Gesetz bekannt ist.

Die Stromstärke ist im ganzen Stromkreis gleich gross, oder durch jeden Querschnitt fliesst in der Zeiteinheit eine gleiche Menge Elektricität, wie auch immer der Leiter beschaffen ist; ähnlich der Flüssigkeitsmenge trotz dem Verengern der Abflussröhre am Sammelgefäss.

Die den chemischen Processen entsprechende Wärmemenge vertheilt sich, den Widerständen entsprechend, im ganzen Stromkreis. Joule'sches Gesetz.

Wenn der äussere Widerstand gleich dem inneren gemacht würde, fände die beste Ausnützung des Stromes statt, da sich aber dann gleiche Wärmemengen auf die Stromquelle und den äusseren Stromkreis vertheilen, die erstere aber nicht ausgenützt wird, ist es besser, den äusseren Widerstand grösser zu wählen.

Die durch den elektrischen Strom vollbrachte Arbeit ist äquivalent der aufgewendeten chemischen Energie.

Für einen Theil eines abgeschiedenen Stoffes werden äquivalente Mengen Zink gelöst.

Die durch den Strom geschiedenen Stoffe heissen Ionen, der zu zerlegende Stoff Elektrolyt, die Eintrittsstelle des Stromes Anode, die Austrittsstelle Kathode, der daran abgeschiedene Stoff Kation, der andere Anion. Der Process selbst trägt den Namen Elektrolyse.

Da sich die Ionen zu vereinigen streben, entsteht ein Strom, der dem zerlegenden entgegengerichtet ist, er heisst Polarisationsstrom.

Die sogenannte Polarisation des Volta-Elementes besteht darin, dass die ursprünglich zu hohe elektromotorische Kraft auf die ihr zukommende Grösse herabsinkt. Die höhere elektromotorische Kraft rührt von der Verbrennung des freiwerdenden Wasserstoffes durch zufällig gelösten Sauerstoff her.

Den Strom längere Zeit auf der Anfangshöhe constant zu erhalten, muss die Ableitungselektrode möglichst gross, porös gemacht, die Flüssigkeit erneuert, bewegt, oder zu derselben dem Sauerstoff der Luft ein leichter Zutritt gestattet werden. Kurz man muss die negative Elektrode depolarisiren; endlich kann man die Polarisation dadurch verringern, indem man den Widerstand im Stromkreis erhöht; sogar vermeiden, wenn die Ableitungselektrode mit Stoffen umgeben wird, welche den Wasserstoff vernichten.

Nachdem wir Alles, was zum Verständniss der galvanischen Elemente nöthig sein dürfte, besprochen

haben, wollen wir die einzelnen Zusammenstellungen beschreiben und wo nöthig das ergänzend hinzufügen, wozu in dem Rahmen der einleitenden Besprechung des Volta-Elementes kein Raum mehr vorhanden war

## Die galvanischen Elemente.

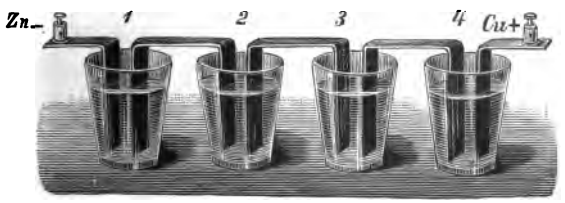
### Elemente mit Depolarisation durch Sauerstoff.

#### Depolarisation durch Luft.

Elemente, welche Säuren als Erregungsflüssigkeit enthalten.

Volta-Element. Die erste Säule, welche Volta zusammenstellte, war die sogenannte Bechersäule (Fig. 7). Die einzelnen Elemente derselben bestanden aus Zink- und Kupferstreifen (auch Silberstreifen), welche bügelartig zusammengelöthet waren.

Fig. 7.




Sie tauchten derartig in zwei benachbarte mit verdünnter Schwefelsäure (1 Raumtheil Schwefelsäure, 20 Raumtheile Wasser) gefüllte Gläser, dass sich in je einem derselben stets ein Zinkstreifen einem Kupferstreifen gegenüber befand.

Später setzte Volta der besseren Tragbarkeit wegen, da die Säule in Spitälern Verwendung fand, die

bekannte und in den Schulen heute noch benützte Voltasche Säule zusammen, deren Gestalt der Name Säule als Bezeichnung mehrerer miteinander verbundener Elemente entlehnt ist. Sie bestand nämlich aus abwechselnd geschichteten Platten aus Kupfer und Zink, zwischen welchen beiden Metallen eine mit verdünnter Schwefelsäure getränkte Tuchscheibe eingelegt war.

Fig. 8.

Nachträglich gab man der Kupferelektrode eine tassenförmige Gestalt, um Stromverluste zu vermeiden, die dadurch entstehen, dass die Flüssigkeit, welche das Gewicht der oberen Theile auspresst, die benachbarten Elemente verbindet. (Fig. 8.)

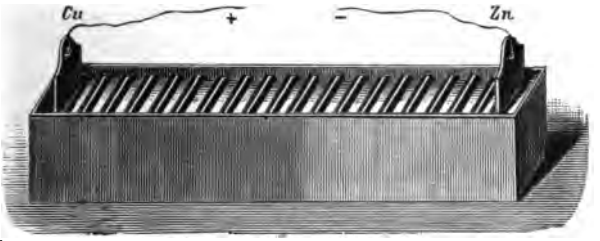
Haldan legte, diesem Uebelstande zu begegnen, die Säule wagrecht auf Glasstäbe.

Um den Widerstand zu vermeiden, der durch Oxydation der Berührungsflächen zweier aufeinander liegender Elektroden entsteht, wird häufig die Kupfer- und Zinkscheibe der Fläche nach zusammengelöthet. Dies findet auch statt in:

Cruikshanks Säule (Fig. 9), die aus einem Holztrog besteht, in welchem viereckige derartig zusammengelöthete Platten eingelassen sind, so dass Zellen ent-

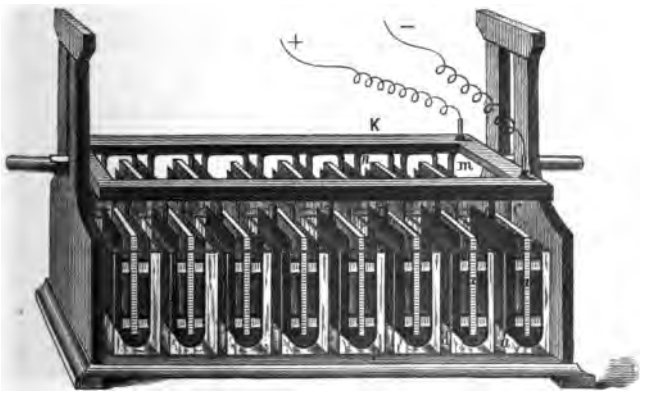
stehen, in denen nur eine Kupferplatte einer Zinkplatte gegenübersteht. Die Zellen werden mit verdünnter Säure gefüllt. Der Ersatz der Platten verursacht bedeutende

Fig. 9.




Schwierigkeiten und hat die Säule gleichfalls nur mehr historischen Werth.

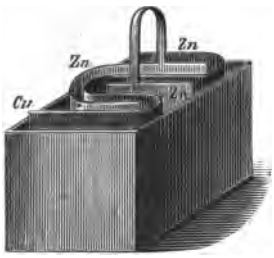
Fig. 10.




Wollaston's Säule (Fig. 10). Wir haben schon in der Einleitung angedeutet, dass es der sogenannten Polarisation wegen zweckmässig ist, die Oberfläche der negativen Elektrode zu vergrössern. Dies hat Wollaston ausgeführt und dabei zugleich erreicht, dass er in seinem

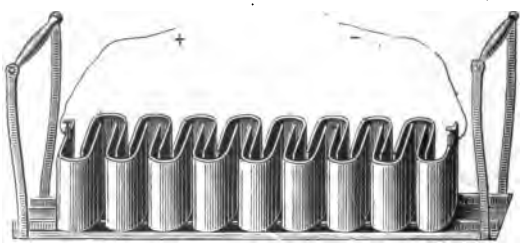
Elemente einen unnützen Zinkverbrauch ausschliesst, indem er die Zinkplatte in die Kupferplatte einhüllte. Da nur die einander gegenüber liegenden Seiten an der Stromerregung wesentlich Theil nehmen, wie der einfache Versuch beweist, der darin besteht, dass man die abgewendete Seite bei dem Volta-Elemente mit einem schützenden Ueberzuge versieht, so wird dadurch an der Stromstärke fast nichts geändert.

Fig. 11.




Dieser ähnliche Säulen wurden auch von Schmidt, Münch, Faraday und Young zusammengestellt, welche wir in den Fig. 11, 12, 13 und 14 vorführen, was wir schon deshalb für nicht überflüssig halten, weil einige dieser Formen jetzt bei der Herstellung der Accumulatoren mehr minder benützt werden, also andere noch anregend wirken können.

Fig. 12.




Die Sandbatterie gleicht der Cruikshanks-Säule, unterscheidet sich jedoch von derselben dadurch, dass die Fächer aus Holz hergestellt und die nur an der

Kante zusammengelötheten Platten über diese hinübergeschoben wurden.

Sie war im englischen Telegraphendienste eingeführt. Der leichteren Verschickbarkeit halber wurde statt verdünnter Säure mit solcher getränkter Sand eingefüllt.

Fig. 13.

Fig. 14.

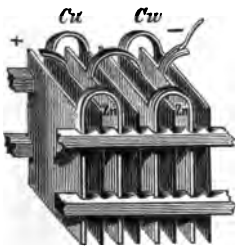
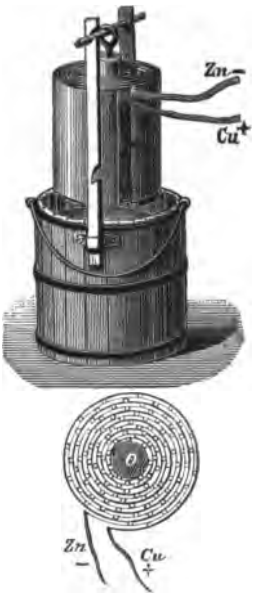



Fig. 15.




Hare's Calorimotor (Fig. 15). Wir wissen, dass eine Vergrösserung der Elektrodenfläche den inneren Widerstand vermindert, also die Stromstärke erhöht; Hare hat sein Element demgemäss zusammengestellt.

Es besteht aus zwei langen schwachen Kupfer- und Zinkplatten, welche durch isolirende Zwischenlagen

(Holzstäbchen) getrennt, zu einer Doppelspirale eingerollt sind.

Das Zink wie das Kupfer werden bei dieser Zusammenstellung auf beiden Seiten ausgenützt. In dem Augenblicke, in welchem dieses Element in die verdünnte Schwefelsäure eingesenkt wird, entwickelt es thatsächlich einen ausserordentlich kräftigen Strom, der geeignet ist, Drähte zum Erglühen und Schmelzen zu bringen.

Heute, wo uns noch kräftigere und auch constantere Stromquellen in den Chromsäure-Elementen zu Gebote stehen, hat auch der Calorimotor seinen Werth eingebüsst, was um so berechtigter ist, als er nur wenige Augenblicke seine kräftige Wirkung behält.

Smee-Element. Wir haben schon an einem andern Orte angedeutet, dass es mechanische oder physikalische Kunstgriffe giebt, durch welche die Stromschwächung hinausgezögert und vermindert werden kann. Dem englischen Physiker Smee gebührt das Verdienst, schon um das Jahr 1840 dergleichen Mittel angegeben zu haben.

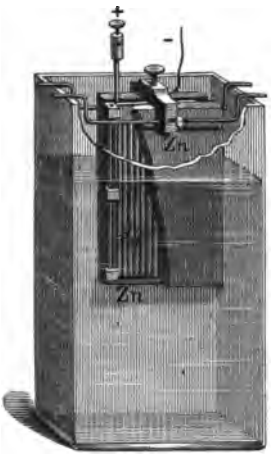
Er versah sein aus Zink und verdünnter Schwefelsäure bestehendes Element (Fig. 16) mit einem Ableitungsstreifen aus Platin, den er mit einem Platinmoor-Ueberzug bedeckte.

Dieser Ueberzug, welcher hergestellt wird, indem man auf galvanischem Wege Platin aus seiner Chloridlösung auf die Platinplatte niederschlägt, besitzt die Eigenschaft, in seinen Poren Sauerstoff aufzusaugen und in Folge seiner sammtartigen Rauhheit das Ablösen der

Wasserstoffbläschen zu erleichtern. Wir wissen, welchen Werth diese Eigenschaft besitzt. Ausserdem erhält die Platte selbst wellenförmige Biegungen, was die Oberfläche vergrössert.

In Folge aller dieser Einrichtungen ist auch das Smee-Element eines der allerbesten, welche nach dem Vorbilde des Volta-Elementes zusammengestellt wurden.

Fig. 16.




Die Kosten zu verringern, wird meistens statt der Platinplatte eine solche aus Silber angewendet.

Elemente dieser Form waren früher im österreichischen Telegraphendienst, besonders für Localbatterien, sehr im Gebrauche.

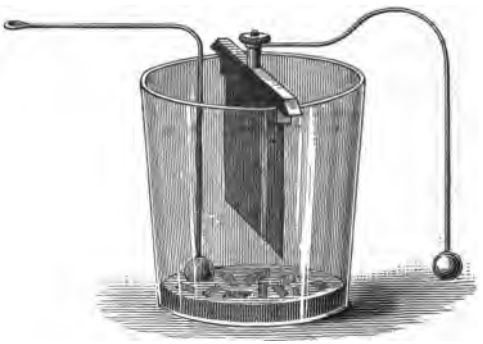
Ein Haupterforderniss der Smee-Elemente ist eine gut amalgamirte Zinkplatte und ein hohes Glas für die Säure, damit die Zinksulfatlösung zu Boden sinken kann, da es sonst geschehen würde, ja häufig geschieht, dass sich Zink auf der Silberplatte niederschlägt, weil die Zinksulfatlösung statt des Wassers zerlegt wird.

Dieser Uebelstand hat wohl zur Zusammenstellung des

Tyer-Elementes (Fig. 17) geführt, das aus einem runden Glasgefässe besteht, in welches eine platinirte Silberplatte eingehängt ist, die mit ihrer Bleifassung

am Glasrande aufruht. Der Boden ist mit Quecksilber und Zinkabfällen bedeckt. In das so entstehende Amalgam taucht die an einem von der Silberplatte des nächsten Elementes kommenden Eisendraht angegossene Zinkkugel. Jede Bleifassung trägt eine Schraube, um einen solchen Draht festklemmen zu können.

Fig. 17.



Die Flüssigkeit besteht aus einem Raumtheil Schwefelsäure auf 20 Theile Wasser.

Einer der Hauptvortheile dieses Elementes besteht darin, dass es die Verwendung von Zinkabfällen und deren Ausnützung bis zum letzten Rest gestattet.

Solche Elemente sind zu mehreren Tausenden im englischen Eisenbahndienst im Gebrauche.

Die Instandhaltung ist eine mühelose, sie können in gut schliessenden Kästen 2 bis 3 Jahre fast ohne Nachhilfe in Verwendung stehen.

Ebner-Element. Das kostspielige Silber zu vermeiden, stellte Baron Ebner sein Element in ähnlicher Form aus Zink und platinirter Bleiplatte her.

Bei einer Form derselben ist die Veranstaltung getroffen, dass, wie in dem Elemente von Tyer, auch Zinkabfälle verwendet werden können. Es bietet also dieselben Vortheile, wie das eben beschriebene Element, nur sein Gewicht fällt in die Wagschale.

Die elektromotorische Kraft ist gleich $^1/_2$ Daniell.

Der Platinmoorüberzug lässt sich leicht und vollkommener als auf der Silberplatte herstellen.

Dem Elemente wurde auch die Form der gewöhnlichen Smee-Elemente gegeben, deren mehrere an einem Brette befestigt gleichzeitig aus der Säure gehoben werden können, was des Zinkersparnisses wegen sehr vortheilhaft ist.

## Verwendung von Kohlenelektroden, ihre Herstellung, und wie der Ableitungsstreifen an denselben befestigt wird.

Wir haben schon betont, dass es wünschenswerth ist, zur Ableitungselektrode sowohl einen solchen Stoff zu wählen, der mit der Säure keine Verbindung eingeht, also nicht Anlass zu einer Stromschwächung giebt, und ferner eine möglichst grosse Oberfläche besitzt. Auch haben wir schon darauf hingedeutet, dass allen diesen Anforderungen die Retortenkohle entspricht, welche von der Säure nicht angegriffen wird, durch ihre Porosität eine grosse Oberfläche besitzt und ausserdem gerade in diesen Poren Sauerstoff zurückhält, durch dessen Verbindung mit dem Wasserstoff ein chemischer Vorgang eingeleitet wird, welcher die Stromstärke, die der Zinkauflösung entstammt, erhöht.

Wir wollen aber zugleich nicht versäumen, auf einen Nachtheil aufmerksam zu machen, welcher mit der Anwendung dieses Stoffes verknüpft ist, nämlich seine Zerbrechlichkeit, schlechtere Leitungsfähigkeit und die Schwierigkeit, selben zweckmässig und dauerhaft mit den Leitungsdrähten zu verbinden.

Im Nachfolgenden werden wir diesen Gegenstand eingehender besprechen.

Vor Allem müssen wir unterscheiden, ob die aus dem Retortenstein geschnittene Kohle oder künstlich hergestellte zur Verwendung gelangt.

Im ersteren Falle wird man sich meistens begnügen, blos eine Metallklemme aufzusetzen, die durch eine Schraube befestigt wird. Dieser Vorgang bietet den Vortheil, dass die Berührungsstelle von Zeit zu Zeit einer Reinigung unterworfen werden kann.

Dieses Verfahren ist jedoch nur bei sehr fester Kohle mit glatter Oberfläche und sehr feinen Poren, bei einer Kohle anwendbar, die ein verhältnissmässig gutes Leitungsvermögen besitzt, Eigenschaften, welche sich sowohl nach dem Aussehen als nach dem mehr minder metallischen Klang der Kohle abschätzen lassen.

Verschiedene Elemente erfordern jedoch Kohlenelektroden von grösserer Ausdehnung oder eigenthümlicher Gestalt, z. B. Hohlcylinder; diese lassen sich sehr schwierig und nur mit grossen Kosten aus Retortenkohle herstellen, abgesehen davon, dass grössere Stücke Retortenstein, wie überhaupt dieser, in Folge eines verbesserten Verfahrens in der Gasbereitung immer seltener werden.

Bunsen gebührt das Verdienst, schon frühzeitig auf Abhilfe gedacht zu haben, und veröffentlichte er

schon 1842 ein Verfahren, künstlich die für Elemente nothwendige Kohle herzustellen.

Seine Vorschrift lautet:

Coaks und Steinkohle werden zu einem möglichst feinen Pulver zerkleinert, sodann von ersterem 2 Theile mit einem Theil der letzteren innig gemischt und in eine Form von Eisenblech gepresst. Diese wird sodann so lange einer Rothgluth ausgesetzt, bis keine Gasentwicklung mehr stattfindet.

Die zusammengebackene Masse ist ausserordentlich porös; um die Poren zu verkleinern, der Kohle eine grössere Dichte, Festigkeit und grössere Leitungsfähigkeit zu verleihen, wird selbe, nachdem sie in Syrup getränkt war, unter Luftabschluss geglüht, welches Verfahren man so oft wiederholt, bis der gewünschte Erfolg erreicht ist.

Auf ähnliche Weise verfährt Sprague (Electricity by John Sprague, Londres 1875) nach seiner Traité d'électricité.

Er trägt in Steinkohlentheer so lange Graphit ein, bis das Gemenge ein teigförmiges geworden ist. Diese Masse wird sodann getrocknet, erhitzt und in einer Muffel, in welcher sie mit Kohlenpulver umgeben ist, der Rothglühhitze unterworfen. Nach dem Erkalten wird die Kohle in Melasse, Zuckerlösung oder Syrup getaucht, getrocknet und wie das erste Mal geglüht.

Dieses Verfahren wird gleichfalls so oft wiederholt, bis die Kohle die verlangte Dichte und Festigkeit angenommen hat.

Trotz sorgfältiger Herstellung von derlei künstlichen Kohlen erhalten diese doch nie oder nur dann

eine solche Dichte wie der Retortenstein, wenn sie durch Arbeitsaufwand noch theurer als dieser geworden sind. Man muss daher daran denken, die Fortleitungsdrähte auf andere Weise als durch angeschraubte Klemmen zu befestigen.

Haben die Kohlen eine cylindrische Gestalt, so legt man ein Kupferband oft mit einer Zinn- oder Bleifolie-Einlage herum und zieht es dann mit einer Schraube fest zusammen (siehe Bunsen-Element), oder legt bei Platten der ganzen Kante entlang ein U-förmig gebogenes Kupferblech, das man durch Nieten oder Schrauben, welche durch die Kohle durchgehen, befestigt und an diese anpresst.

An diese Kupferbeschläge werden dann die Leitungsdrähte entweder angeschraubt oder angelöthet.

Auch bei diesem Verfahren ist zu befürchten, dass entweder die Kupferbleche nicht genügend anliegen oder die Kohle zerbricht; daher wird oft der Kopf der Kohle, so nennt man den oberen Theil, durch Guss mit einem Metalle, Zink oder Blei, verbunden.

Man verfährt dabei entweder so, dass man die Kohle in eine Form einlegt und dann das geschmolzene Metall aufgiesst, oder die Kohle in die Form taucht, wenn diese mit dem flüssigen Metalle angefüllt ist.

Eine recht innige Verbindung der beiden Stoffe zu erhalten, versieht man die Kohle mit Einkerbungen oder Löchern.

Das Zink bietet den Vortheil, sich beim Erkalten zusammen zu ziehen, die Kohle also fest zu umspannen; ist jedoch die Breite der Kohle gross, so kommt es vor, dass der Metallguss beim Erkalten reisst, weil sich

ja die Kohle nicht zusammenzieht. In solchen Fälle muss man dem Zink einen Bleizusatz geben.

Häufig wird auch Blei angewendet. Die aufsteigende Säure bildet jedoch leicht Bleisulfat, welche Verbindung ein schlechter Leiter ist, also Anlass zur Schaffung eines schädlichen Widerstandes giebt. Diesen Uebelstand zu vermeiden taucht man den Kopf der Kohle in Paraffin, welches die Poren schliesst und damit dem Aufsteigen der Säure einen Damm entgegensetzt.

Sehr häufig wird auch der Kopf der Kohle mit einem galvanoplastischen Kupferüberzug versehen, an welchen der Draht oder die Klemmen angelöthet werden können. Ist der Ueberzug zu dick, so löst er sich leicht wieder ab; es ist dies ein Punkt, der volle Aufmerksamkeit verdient, besonders dann, wenn man den Niederschlag verzinnt, um die Kohle in die Kupferhülsen einzulöthen, oder mit einem Metallanguss zu versehen, ein Verfahren, welches, wie wir uns überzeugten, bei sorgfältiger Ausführung die besten Ergebnisse liefert.

Wir haben bei unseren Versuchen auch den Weg eingeschlagen, den Kopf der Kohle sofort mit einem Zinnniederschlag zu versehen, ein Verfahren, das von den besten Erfolgen begleitet war, da dieser Niederschlag sich nicht ablöst.

Es empfiehlt sich auch, nicht den ganzen Kopf der Kohle in Paraffin zu tauchen, da während der Erwärmung sich das Metall ausdehnt und dann zwischen diesem und der Kohle Paraffin eindringt, was die innige Berührung zwischen Kohle und Metall ver-

mindert. Wir giessen daher etwa $1^1/_2$—2 Centimeter unter dem Metallkopf bei wagrecht gehaltener Platte möglichst heisses Paraffin auf die Kohle auf, wodurch eine Schichte der Kohle ihrer Porosität beraubt und dadurch der Zweck, das Aufsteigen der Säure zum Metall zu verhindern, erreicht wird.

Wird Kupfer als Beschlag verwendet, so hat übrigens der Angriff der Säure nicht viel zu sagen, da das gebildete Kupfersalz, wie wir uns überzeugt haben, sobald ein Strom erregt wird, wieder zerlegt wird.

Nach dieser, wie wir glauben gewiss nicht überflüssigen Abschweifung kehren wir zur Besprechung der Elemente, zu deren Ableitungselektroden Kohle verwendet wird, zurück.

Wir wollen hier, wie überhaupt in diesem Buche, vorzüglich jene Zusammenstellungen beschreiben, welche in der Praxis eine Verwendung gefunden haben, und müssen da in erster Linie das Element erwähnen, welches Walker im Jahre 1849 zusammengestellt hat.

Walker-Element. In der Hauptsache stimmte es mit dem Sandelemente überein, es ist eben nur die Kupferelektrode durch eine solche aus Kohle ersetzt. Später, im Jahre 1857,*) gab er dem Elemente eine andere Gestalt und versah die Kohle mit einem Platinniederschlag, worauf so befriedigende Ergebnisse erzielt wurden, dass bereits im Jahre 1875 9000 solcher Elemente in Verwendung standen (Niaudet). Die Elektroden stehen in einem 15 Cm. hohen und 5 Cm. weiten Thon-

*) Philosophical Magazine IV. Serie, Bd. XVIII. 1859.

gefäss und das Zink taucht mit seinem unteren Ende in ein Guttaperchanäpfchen, welches, um die Amalgamirung stets gut zu erhalten, Quecksilber enthält.

Die Auslagen für die Instandhaltung dieses Elements, das auf etwa 1 fl. zu stehen kommt, betragen jährlich 56 kr., in welchem Betrage die Entlohnungen der Aufseher mit einbezogen sind, Ausgaben, die sich aber verringern (bis auf etwa 20 kr.), wenn, wie es oft gebräuchlich ist, die Beamten selbst die Elemente besorgen.

Eine Säule kann 12—15, ja 17 Monate in Thätigkeit sein, ohne einer besonderen Wartung zu bedürfen, und 36 Elemente können um 45 Kreuzer mit genügender Menge Quecksilber versehen werden.

Die elektromotorische Kraft ist gleich der eines Smee-Elementes, sinkt jedoch bei lang andauerndem Schlusse, wie bei diesem, auf die Hälfte herab.

Die Flüssigkeit besteht aus einem Theil Schwefelsäure auf 8 Theile Wasser.

Der Widerstand beträgt etwa 1 Ohm, gewiss wenig genug für eine Säule, die im Telegraphendienst verwendet wird.

Erwähnen wollen wir hier noch den Vorschlag Böttger's, der darin gipfelt, die Beständigkeit dadurch zu erhöhen, dass man die Kohle mit Salpetersäure tränkt. Die Nützlichkeit dieser Massregel kann, nach dem was an anderer Stelle über die verschiedenen Arten, den Wasserstoff an der negativen Elektrode zu beseitigen, gesagt wurde, leicht eingesehen werden.

In der That werden die kleinen cylindrischen Kohlen, wie sie oft für die Inductionsapparate der Aerzte im Gebrauche sind, von Zeit zu Zeit mit einigen

Tropfen dieser Säure versehen, wofür häufig ein kleiner, mit Asbest gefüllter Hohlraum vorhanden ist. Weiter über diesen Gegenstand zu sprechen wird die geeignetere Gelegenheit sein, wenn wir das Bunsen-Element kennen gelernt haben.

## Nachahmungen der Kohlenelektrode durch poröse Metallniederschläge.

In dieser Richtung haben Poggendorff und Drive das Volta-Element verbessert, indem ersterer die Kupferelektrode mit einem pulverförmigen Kupferniederschlag versah, letzterer dieselbe mit einer 5—6 Mm. starken Schichte von schwammförmigem Kupfer umgab.

Niaudet machte einen ähnlichen Versuch, indem er eine Bleiplatte mit einem 5 Mm. starken Niederschlag von schwammförmigem Blei bedeckte.

Es wäre nicht ganz richtig, den Platinmoorniederschlag am Smee-Element mit diesen Verbesserungen in Bezug auf die Art deren Wirkung in eine Linie zu setzen. Durch diese Niederschläge wird die Oberfläche der Elektroden bedeutend vergrössert, mehr Sauerstoff in die Flüssigkeit eingeführt, jedoch fehlt diesen Metallen mehr minder die dem Platin zukommende Fähigkeit, die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff kräftig einzuleiten; auch werden diese Metalle mehr minder von der Säure angegriffen, wodurch der elektromotorischen Kraft, welche das Zink erregt, entgegengewirkt wird.

Blei überzieht sich noch dazu leicht mit einem schlecht leitenden Ueberzuge von Bleisulfat.

Zink-Eisen-Element. Die theueren Stoffe, aus welchen die bisher besprochenen negativen Elektroden bestanden, durch billige zu ersetzen, schritt man zur Anwendung von Eisen; dadurch wird jedoch eine bedeutende Verminderung der elektromotorischen Kraft bedingt und muss das Element in grösserem Massstabe ausgeführt werden, damit man dieselbe Stromstärke erreicht.

Diesen Weg hat auch Sturgeon eingeschlagen, der (nach Roberts) gusseiserne Töpfe von 25 Cm. Höhe und 8 Cm. Durchmesser anwendete. Ein amalgamirter Zinkcylinder wurde in die aus 8 Theilen Wasser und 1 Theil Schwefelsäure bestehende Flüssigkeit eingehängt. Das stets vorhandene Eisenoxyd mag auch etwas zur Depolarisation beitragen.

Münnich in Harlem wendete amalgamirte Eisenplatten an und soll dadurch ein Element erhalten haben, dessen elektromotorische Kraft nur ein geringes kleiner war als die eines Smee-Elements.

Das Eisen wird amalgamirt durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure unter gleichzeitigem Zusatz von Quecksilber und anhaltendem Reiben mit Sandpapier. Auch der Gebrauch einer Quecksilberlösung führt zum Ziele.

## Eisen als Lösungselektrode.

Eisen-Kupfer-Element. Das Zink im Volta-Element durch Eisen zu ersetzen, um sowohl die Anschaffungskosten als die des Verbrauches zu vermindern, hat auch die Erzielung eines schwächeren Stromes im

Gefolge, so dass die Vortheile durch diesen Nachtheil mehr als aufgewogen sind. Der Strom ist schwächer als der eines Zink-Eisen-Elementes.

Eisen-Kohle-Element. M. v. Leuchtenberg will damit guten Erfolg erhalten haben (Vergolden).

### Ersatz der Schwefelsäure durch eine andere Säure

Auch das durch die Ueberschrift angedeutete Mittel führt zu keiner besseren Lösung der Frage, wie ein stärkerer beständiger Strom zu erhalten wäre.

Salzsäure und Salpetersäure haben das Unangenehme, dass sie noch dazu flüchtig sind, und durch ihre Dämpfe belästigen.

Roberts-Element. (Dingler's Journal, Band CXXV; Fortschritte 1852.) Roberts senkte Elemente, aus einer Zinn- und zwei Platinplatten bestehend, in verdünnte Salpetersäure und will mit 50 kleinen Elementen dieser Art von 16 Cm. Höhe und 11 Cm. Durchmesser 21 Kbcm. Gas in der Minute und selbst ein elektrisches Licht erhalten haben.

Es bildet sich Zinnoxydhydrat, welches in zinnsaures Natron umgewandelt, für Färbereien Werth besitzt. Leider entwickelt sich unangenehmes Stickstoffprotoxyd nebst etwas Ammoniak.

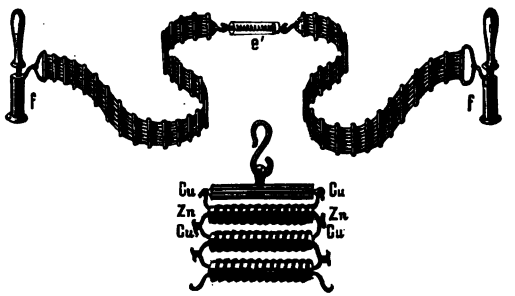
Pulvermacher's Kette (Fig. 18) hat eine ziemliche Verbreitung gefunden.

Sie besteht aus bleistiftstarken Holzstäbchen, auf welche isolirt von einander Spiralen von Zink- und

Kupferdrähten aufgewunden sind, deren Enden oben und unten, rechts und links so angeordnet sind, dass zwei derselben auf einer Längs-Seite dem Kupfer, zwei dem Zink entsprechen.

Diese Stäbchen bilden als Glieder eine Kette, indem die zu Oesen gebogenen Enden des Zinkdrahtes einer vorhergehenden Spirale in die Kupferösen der nachfolgenden eingehängt sind.

Fig. 18.




Als Erregungsflüssigkeit dient Essig, in welche Flüssigkeit sie eingelegt werden.

Das Holz nimmt die Essigsäure auf, so dass die Kette, auch wenn sie aus der Flüssigkeit herausgenommen ist, einen Strom erzeugt.

Diese Ketten sind seit mehr als 30 Jahren sowohl in Deutschland als auch in Frankreich und England ziemlich verbreitet, sie sollen Heilzwecken dienen.

Der erhaltene Strom wird bedeutend stärker, wenn Magnesium statt Zink angewendet wird, so dass zur Erregung gewöhnliches Wasser genügt.

Im Anschluss wollen wir einer neuen Form dieser Kette Erwähnung thun, deren Glieder aus ineinander gesteckten Hohlcylindern bestehen, welche durch Baumwolle vor der metallischen Berührung geschützt werden. Eine solche Kette aus 70 Gliedern giebt eine längere Zeit währende, kräftige Wirkung und kann zu einer Spirale zusammengerollt in einer kleinen Dose aufbewahrt werden.

Jeder Cylinder ist mit einer Oeffnung versehen, in welche der Draht des Conductors gesteckt wird, wodurch man die Stärke des Stromes in der Gewalt hat. Verdünnte Säuren (auch Chromsäure) und Salzlösungen werden als Erregungsflüssigkeiten benützt. (La Nature 1882. Nr. 46.)

## Elemente, welche Salzlösungen als Erregungsflüssigkeiten enthalten.

Bevor wir auf die Beschreibung der einzelnen Elemente eingehen, wollen wir das Verhalten verschiedener Metalle gegen Seewasser kennen lernen, worüber uns genaue Untersuchungen vorliegen.

Diese Untersuchungen wurden angestellt, als man daran ging, den Kupferbeschlag der Schiffe durch einen solchen aus Eisen zu ersetzen.

Humphry Davy hatte schon zu Beginn dieses Jahrhunderts den Vorschlag gemacht, das Kupfer der Schiffe durch eine mit demselben in Verbindung gesetzte Zinkplatte zu schützen.

Es zeigte sich, dass diesen Zweck zu erfüllen eine Zinkplatte genügt, die 150mal kleiner ist, als der Kupferbeschlag.

Dennoch gab man dieses Schutzmittel wieder auf, weil sich herausstellte, dass selbes den Ansatz von Seethieren und Pflanzen, wie auch die Ausscheidung von Magnesia und Kalk befördert, ein Uebelstand, der sogar die Geschwindigkeit eines Schiffes beeinträchtigen kann. was nicht dem Verluste an Kupfer, der durch Auflösung dieses Metalls entsteht, das Gleichgewicht hält.

An einer mit Eisenpanzer versehenen Fregatte, »la Gloire«, wurden ebenfalls Versuche angestellt, welche gleichfalls dahin führten, das Schutzmittel aufzugeben. Im Verlaufe eines Monats verliert an Gewicht ein Quadratmeter

| | |
|---|---|
| Stahl | 28·10 gr. |
| Eisen | 27·30 » |
| Kupfer | 3·80 » |
| Zink | 5·60 » |
| Eisen, galvan. | 1·80 » |
| Zinn | 1·50 » |
| Blei | Spuren. |

Der Vorschlag, das Eisen zu verkupfern oder zu verzinnen, wurde gleichfalls gemacht, er muss aber ebenfalls verworfen werden, wenn man bedenkt, dass für den Fall, dass die schwache Schutzdecke beschädigt wird, das Eisen gerade als Lösungselektrode eines geschlossenen Elements erscheinen würde.

See-Element. An diese Betrachtung schliesst sich der alte Versuch an, eine Zink- und eine Kupferplatte in einiger Entfernung von einander in das Meer zu senken. Dadurch wird ein ziemlich starker Strom erregt, was sich auf verschiedene Weise erklären

lässt, am einfachsten wohl so, dass man das Meer als grosses Gefäss betrachtet, in welches die Elektroden eingesenkt sind, zwischen denen sich also eine Schichte Flüssigkeit von unendlich grossem Querschnitte befindet.

Für praktische Zwecke dürfte jedoch diese Zusammenstellung selten anwendbar sein, um so weniger, da man auf diese Art keine Säule von grosser Spannung erhalten kann, weil sonst die Elektroden sich durch die Flüssigkeit untereinander ausgleichen, man also immer nur ein Element hat. Aehnliches gilt vom

Erd-Element, welches Steinheil im Jahre 1839 erfand, als er bei Versuchen über die Erdleitung das Ende des Leitungsdrahtes einer Station mit einer Zinkplatte, das der andern mit einer Kupferplatte versah.

Für Morse- und Zeigertelegraphen ist der Strom zu schwach, jedoch genügen Platten von 0·19 Qu.-Mtr. Oberfläche zum Betriebe elektrischer Uhren.

Trotzdem hat sich neuerer Zeit eine Gesellschaft zur Ausnützung von Erdbatterien gebildet; leider fehlen uns aber über die Art und Weise ihres Verfahrens, kräftige Ströme zu erhalten, nähere Nachrichten.

Zink-Salzwasser-Kohle-Element. Der Umstand, dass Salzwasser selbst nicht amalgamirtes Zink nur unmerkbar angreift, so lange das Element keinen Dienst leistet, und ferner Kochsalz überall leicht zu beschaffen ist, sichert diesem Elemente im Voraus einen gewissen Vorzug.

Nachstehende Angaben entstammen dem Werke von A. Niaudet über galvanische Elemente*), nach demselben sind solche Elemente in fast allen Eisenbahnstationen der Schweiz benützt.

Sie werden in viererlei Grössen angefertigt und haben je 4 Kohlenplatten von 7—10 Cm. Länge, bei 4 Cm. Breite. Die Elektroden von je 10 Elementen sind an einem Brette befestigt und werden bei Nichtgebrauch aus der Flüssigkeit herausgehoben, vielleicht weniger der Zinkschonung wegen als wie deshalb, damit der Sauerstoff der Luft in die Poren der Kohle eindringen kann.

Ein Element genügt für einen Widerstand von 4800 Mtr.; um daher die Linie Genf-Lausanne, welche 57.600 Mtr. lang ist, in Stand zu setzen, unter Berücksichtigung der 6 eingeschalteten Stationen, mit dem Gesammtwiderstande von 86.400 Mtr., zusammen also 144.000 Mtr. Widerstand, sind $\frac{144.000}{4800} = 30$ Elemente erforderlich.

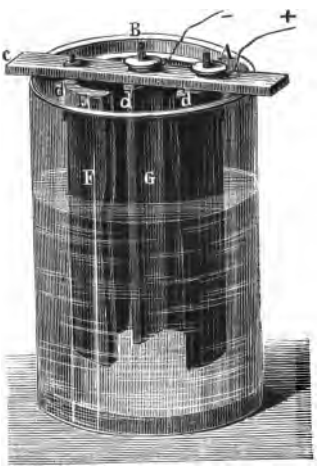
Eine andere, in der Schweiz häufig angewendete Form ist die von uns schon auf Seite 54 erwähnte. Die negative Elektrode besteht aus einem Kohlencylinder von 14 Cm. Höhe und 9 Cm. äusserem Durchmesser.

In ihrer Höhlung hängt der amalgamirte Zinkstreifen, welcher an einer Holzleiste befestigt ist, die am Rande des Gefässes aufruht. (Fig. 19.)

*) Deutsch vom Verfasser.

Diese Elemente können 9—12 Monate ohne Nachhilfe Dienst leisten. Cauderay von Lausanne wendet unter Veränderung der Grössenverhältnisse diese Art von Elementen auch zum Betriebe von Haustelegraphen an. Er behauptet, dass Elemente von 36 Cm. Höhe 8—10 Jahre lang Dienst leisteten und dann nur versagten, weil die Zinke aufgebraucht waren. Auch sollen diese Elemente erst nach einem Schluss von 10—20 Stunden sich vollkommen erschöpfen, und 2—3 Stunden Erholung sollen genügen, damit sie ihre ursprüngliche Stärke wieder erlangen.

Fig. 19.




Hipp, der bekannte Constructeur in Neufchâtel, benützt derlei Elemente sogar zum Betriebe elektrischer Uhren, wie aus seinem Berichte an die wissenschaftliche Gesellschaft dieser Stadt zu entnehmen ist.

Elektrische Boje von Duchemin. In der Absicht, die Eisenplatten, womit Bojen und Schiffe seit neuerer Zeit beschlagen werden, vor der Zerstörung durch das Seewasser zu schützen, senkte Duchemin 7 Elemente von ungefähr 10 Cm. Durchmesser, welche auf Spannung verbunden waren, ins Meer, mit dem auch der Zinkpol der Batterie verbunden wurde, während der Kohlenpol mit der zu schützenden Eisenplatte in Ver-

bindung stand. Versuche, die mit dieser Vorrichtung in Cherbourg angestellt und amtlich bestätigt wurden, ergaben, dass man auf diese Art eine Eisenfläche, welche jene der angewendeten Zinke 18 Mal übertrifft, vor dem zu Grunde gehen durch Oxydation schützen kann, was durch einfaches Anwenden von Zinkplatten nicht zu gelingen scheint. Leider sind diese Versuche, so viel uns bisher bekannt ist, nicht weiter fortgesetzt worden.

Die Stromverluste, welche dadurch entstehen, dass mehrere Elemente in dieselbe Flüssigkeit tauchen, sind bei dieser Batterie geringer, weil die Zinke von den Kohlen vollständig eingehüllt sind; es ist nur dafür Sorge zu tragen, dass die Drähte, welche die Elektroden verbinden, nicht abgeleitet werden.

Dass diese Elemente solche, welche blos mit Kochsalz gespeist werden, übertreffen, mag wohl in einer Beförderung der Depolarisation durch die immerwährende Bewegung, in welcher sich die See befindet, als auch dadurch sich erklären lassen, dass neben Chlornatrium noch manche andere Stoffe gelöst sind, auch der Sauerstoffgehalt nicht so bald erschöpft wird, als in einem kleinen abgeschlossenen Gefässe.

## Elemente mit Ammoniaksalz.

Bagrations Element besteht aus einem mit Erde gefüllten Gefäss, in das eine Zink- und eine Kupferelektrode eingesenkt ist. Als erregende Flüssigkeit dient eine Lösung von Chlorammonium, mit welcher die Erde getränkt wird. De la Rive schreibt die nach ihm

staunenswerthe Beständigkeit dieses Elementes einer Verminderung der Wasserstoffausscheidung an der Kupferoberfläche zu, in welcher Hinsicht die entstehenden Ammoniak-Verbindungen wirken, als auch der Absorption der Erde, die zugleich den Dienst eines Diaphragmas leistet.

Er schlug auch vor, die beiden Platten nicht zu nahe an einander zu setzen und die Kupferplatte vor dem Eintauchen in Ammoniaksalzlösung zu tauchen und sodann zu trocknen, damit sich ein grüner Ueberzug bildet, ein Vorschlag, welchen Fechner schon 1831 gemacht hat, indem er vorschlug, die gegen das Zink gewendete Seite des Kupfers auf diese Art zu behandeln oder auch Schwefelleber hierzu zu benützen.

Es ist leicht begreiflich, dass die Sauerstoff bindende Kraft der Erde und die Porosität derselben in diesem Elemente eine Hauptrolle spielt und wohl auch der Umstand, dass vielleicht, wenn der obere Theil nicht ganz durchnässt, sondern nur feucht ist, aus der Luft immerfort Sauerstoff aufgenommen wird.

Zink-Ammoniaksalz-Kohle-Element. Was wir über die Abnützung der Zinkplatte bei dem Kochsalz-Elemente gesagt haben, gilt in noch erhöhtem Masse bei den Ammoniaksalz-Elementen. Gab schon das vorige ziemlich zufriedenstellende Ergebnisse, so steigert sich hier die Güte sowohl durch Anwendung von Kohle als auch in Folge einiger Kunstgriffe, welche wir nun genauer beschreiben wollen.

Die Oberfläche der negativen Elektrode möglichst zu vergrössern, wird die in einem durchlöcherten oder

porösen Thoncylinder stehende Kohle mit zerkleinerter Retortenkohle umgeben. Die möglichst fest angedrückten Körner von etwa Erbsengrösse bilden so einen grossen Kohlencylinder, der Hohlräume enthält.

Dieser wird nun mit einem Zinkcylinder umgeben und beide dann in das mit Ammoniaksalzlösung gefüllte Gefäss eingesenkt.

Statt uns weiter über die klar zu Tage liegenden Vortheile dieses Elementes auszusprechen, wollen wir die Schlüsse anführen, welche Sauvage im Jahre 1875 aus eingehenden Versuchen gezogen hat, die er mit diesem Elemente anstellte. (Niaudet, Die galvanischen Elemente von Volta bis heute.)

»Einer vollständigen Oxydation des abgeschiedenen Wasserstoffes kommt man bei diesem Elemente sehr nahe, weil in demselben die Kohle im Gegensatze zum Zink vergrössert ist; ferner zu einem Theile der ersteren die Luft vollen Zutritt hat, da selbe nicht ganz unter die Flüssigkeit taucht, was Sauvage sehr treffend das Athmen der Kohle nennt.

Werden diese Hauptpunkte nicht berücksichtigt, so nimmt die Stromstärke bei Schluss schnell ab.

Zu vermeiden ist die Anwendung von gestossenem Coaks oder zu kleiner Stücke Retortenkohle, ersteres wegen der schlechten Leitungsfähigkeit dieses Stoffes, letzteres, weil sonst der Luftzutritt minder rege stattfinden kann.

Sauvage hat in seiner Veröffentlichung auch die Analyse jener Krystalle, die sich in dem Ammoniaksalz-Elemente abscheiden, mitgetheilt, ebenso jene der Gase, welche diese Elemente entwickeln. Beide Arbeiten

rühren von Ferray her. Später, bei den Leclanché-Elementen, werden wir auf ähnliche zurück kommen. Für die Krystalle wurde die Formel $3\,Zn\,Cl_2$, $4\,N\,H_3$, $4\,H_2\,O$ aufgestellt. Die abgeschiedenen Gase waren: Kohlenwasserstoff ($C\,H_4$) $^1/_6$ Raumtheil, Stickstoff und Kohlensäure $^1/_3$ Raumtheil und Wasserstoff $^1/_2$ Raumtheil.«

Fig. 20.

Maiche-Element. Von den meisten Elementen, welche den Sauerstoff der Luft zur Vernichtung der Wasserstoffabscheidung benützen, dürfte das Element von L. Maiche (Fig. 20) die erste Stelle einnehmen, weil seine darauf hinzielenden Einrichtungen auf höchst sinnreiche Weise getroffen sind.

Als negative Elektrode dient platinirte Kohle, die von platinirten Kohlenkörnern umgeben ist, welche in ein durchlöchertes poröses Gefäss eingefüllt sind.

Durch die Mitte dieses Gefässes geht vom Ebonitdeckel, der es trägt, eine Hartgummiröhre nach abwärts, an deren unterem Ende eine Porzellanschüssel befestigt ist. Diese Schüssel dient zur Aufnahme von Quecksilber und Zinkstücken, welche die positive Elektrode bilden.

Ein Platindraht, welcher in das Amalgam taucht und durch die Ebonitröhre nach aufwärts geht, ver-

mittelt die Verbindung mit der Klemme, ein zweiter Platindraht besorgt die Stromableitung; er ist um ein grösseres Kohlenstück gewickelt und endigt in der zweiten Klemme. Als erregende Stoffe dienen entweder 250 Grm. Ammoniaksalz oder 140—150 Grm. Natriumbisulfat oder, in Ermanglung beider, Wasser, das 5—10% englische Schwefelsäure enthält.

Die Flüssigkeit, welche ein wenig über $1^1/_2$ Liter beträgt, soll nicht mehr als $^2/_3$ des zusammengestellten Elementes erfüllen, etwa 2 Cm. über dem unteren Rand des porösen Gefässes stehen, damit der obere Theil der Retortenkohlenkörner nur durchfeuchtet und so dem Sauerstoff der Luft voller Zutritt zu denselben gestattet ist.

Wenn wir dem Erfinder in Bezug auf die Angaben über sein Element vollen Glauben schenken dürfen, erzielt es 95% Ersparniss den Ausgaben für den Unterhalt anderer Elemente gegenüber, welche sich verschiedener Stoffe zur Vernichtung der Wasserstoffabscheidung bedienen. Begreifen lässt sich eine bedeutende Ersparung in dieser Beziehung, weil ja der Sauerstoff der Luft nichts kostet. Freilich giebt auch der Erfinder zu, wie wir einer kleinen Schrift, welche gelegentlich der Pariser Elektricitäts-Ausstellung zur Vertheilung gelangte, entnehmen, dass sein Element keine rege Verwendung gestattet und nur für unterbrochenen Dienst, wie Haustelegraphie, gut brauchbar ist. Dafür wird aber das Zink so gut ausgenützt, dass 1 Grm. gelösten Zinkes fähig ist, wieder ein Gramm aus der Lösung zu fällen.

Leicht zu begreifen ist, warum ein kurzer Schluss das Element bald erschöpft.

Wir wissen ja, dass, wenn der äussere Widerstand gering ist, die Zinkauflösung rascher erfolgt und eine vermehrte Zinkauflösung eine vermehrte Wasserstoffabscheidung mit sich bringt, welche den gelösten Sauerstoff rasch verzehrt, worauf dann die Stromquelle versiegt, welche wir in der Verbrennung des Wasserstoffes besitzen.

Einige Zeit der Ruhe oder Arbeit mit grösserem Widerstand, 2 bis 4 Km. Telegraphendraht, genügen dem Elemente zur Erlangung seiner ursprünglichen elektromotorischen Kraft, welche 1·25 Volts beträgt.

Etwas übertrieben scheint uns die Angabe über die Dauer der Wirksamkeit eines Elementes, welche 10—15 Jahre betragen soll, zu sein. Freilich, wenn die Flüssigkeit immer zur rechten Zeit erneuert wird, so dass sich die Poren der Kohle nicht mit dem unlöslichen Zinkammoniumoxychlorid verstopfen, dann kann dies wohl der Fall sein, dann steht aber einer ewigen Dauer nichts entgegen, freilich darf man in diesem Falle nicht, wie Maiche angiebt, das Element einige Jahre unberührt stehen lassen.

Unzweifelhaft von Vortheil ist der Umstand, dass die positive Elektrode in ziemlicher Entfernung vom Boden angebracht ist, damit sich die entstehenden Zinksalze zu Boden setzen können und verhindert wird, dass diese bis zur Kohle aufsteigen und sich dort Zink niederschlägt.

Wie uns der Erfinder versicherte, soll der Widerstand des Elementes nur $^1/_2$ Ohm betragen, was gegenüber anderen Elementen dieser Art gewiss sehr wenig wäre.

Der Preis ab Fabrik beträgt 5 Frcs., das zur Beschickung nöthige Quecksilber kostet 50 Cent., die beiden Zinkstücke 30 Cent.

Das Element soll eine starke Verbreitung für Haustelegraphie gefunden haben, was nach den bisherigen Auseinandersetzungen gewiss Jedermann glaublich erscheinen wird.

Satory-Element. Wir können diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne zu bemerken, dass ein Wiener Elektriker, Karl Satory, vor Jahren eine der vorigen ähnliche Zusammenstellung, welche gleichfalls sehr befriedigende Ergebnisse lieferte, ersonnen und ausgeführt hat.

In der Mitte eines Hartgummideckels war an einem mit Kautschuk oder einem anderen Schutzmittel überzogenen Metallstab ein platinirter Kohlenwürfel befestigt, der halb in die Flüssigkeit tauchte.

Unter dem Würfel befand sich eine Porzellanschale, welche Quecksilber und Zinkabfälle aufzunehmen bestimmt war. Der Draht, mit welchem sie am Deckel befestigt war, diente zugleich zur Verbindung des Amalgams mit der Klemme, er war sorgfältig mit einem Isolirmittel überzogen.

Dieses Element stand mit gutem Erfolg bei Hausklingeln in Verwendung, und ist nur deshalb nicht weiter verbreitet worden, weil es der Erfinder aufgegeben hat, sich weiter mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, der es wohl verdiente, wieder aufgegriffen zu werden.

Alaun-Element. Wie wir Poggendorff's Annalen (LXXVII, pag. 486, 1849) entnehmen, hat Stöhrer ein Element ersonnen aus unamalgamirtem Zink und Kohle, welche Elektroden in eine Alaunlösung eingesenkt waren.

Er stellte mit Kupferdraht umwundene Kohlenstücke an die Wand eines Steinzeugtopfes, das Zink in einem Spritzenschlauch in die Mitte desselben und füllte den Zwischenraum mit Sand aus, auf welchen die gesättigte Alaunlösung aufgegossen wurde, oder er umgab den Schlauch, zuweilen auch eine poröse Zelle einfach mit Kohlenstücken, was eine Annäherung an das eben besprochene Element ist.

Zwar sinkt die Stromstärke dieser Säule bei kurzem Schluss ziemlich rasch, doch soll auch dieselbe, sobald der Strom geöffnet ist, in kurzer Zeit ihre ursprüngliche Grösse erreichen.

Helm in Mühlhausen fügt dem Alaun noch Chlornatrium bei, was die Stromstärke erhöhen dürfte, da dadurch der innere Widerstand vermindert wird. Noch dazu wendet er ziemlich grosse Elemente an.

Sein Kohlencylinder hat 9 Cm. inneren und 12 Cm. äusseren Durchmesser und taucht, wie auch das 6 Cm. breite und $^1/_2$ Cm. dicke Zink, 20 Cm. tief in die Flüssigkeit, welche aus einer Lösung von 200 Gr. Alaun und 600 Gr. Kochsalz besteht.

16 Elemente dieser Art setzen 20 elektrische Uhren in Gang, die auf 2 Stromkreise vertheilt sind.

Damit die Kraft der Säule, was bei dieser Verwendung sehr wichtig ist, eine gleichförmige bleibt, werden jede Woche 2 Elemente dieser Säule frisch

geladen, was einer Dauer eines Elementes von 4 Monaten entspricht, während welcher Zeit man sich mit demselben gar nicht zu beschäftigen braucht.

Bedenkt man, dass jede Minute 2 Stromschliessungen in der Dauer von 2 Secunden stattfinden, so kann man sich durch die Leistung dieser Elemente zufriedengestellt erklären.

Werden die Elemente zu anderen Zwecken verwendet, so braucht die Erneuerung nicht so rasch zu erfolgen. Elemente, die z. B. zur Instandhaltung des Feuertelegraphen in Benützung stehen, werden auf die angedeutete Weise nur einmal alle 2 Jahre erneuert.

Die beschriebene Art der Instandhaltung verdient unsere volle Beachtung, ihr ist es zu danken, dass so gute Ergebnisse erzielt wurden. Es lehrt uns dieses Beispiel, dass man selbst mit Säulen, welche nicht constant sind, zum Ziele gelangt, wenn man gewisse Kunstgriffe anwendet, wie der eben beschriebene einer ist.

Bevor wir zu den sogenannten constanten Elementen, oder wie sie sonst heissen, Elementen ohne Polarisation, übergehen, wollen wir noch erwähnen, dass einzelne Erfinder auch daran gedacht haben, die Stromstärke durch Bewegen der Flüssigkeit oder der Elektroden auf gleicher Höhe zu erhalten.

Lagrange-Element. Ersteren Weg schlug Fabre de Lagrange ein, indem er aus einem höher gestellten Gefässe verdünnte Schwefelsäure tropfenweise in die Zelle, welche das Zink enthält, fallen liess.

Die Kohlenelektrode stand in einem Spritzenschlauch und war mit Kohlenstückchen umgeben.

Der Holzboden dieses Gefässes war mit einer Oeffnung versehen, von welcher aus eine Röhre durch den Boden des äusseren Gefässes führte, wodurch der Flüssigkeit Gelegenheit geboten war, wieder abzufliessen.

An den günstigen Ergebnissen, welche mit dieser Säule erhalten wurden, dürfte sowohl die Flüssigkeitserneuerung als auch die bei dem tropfenweise Zufliessen stattfindende Sauerstoffabsorption Antheil haben.

Die Zusammenstellung ist leider zu verwickelt, als dass sie eine praktische Anwendung gestattet.

Ebenso wenig Verbreitung fand eine Säule, welche im Jahre 1847 Brett und Little zusammengestellt haben, indem sie die Sandbatterie dadurch zu verbessern suchten, dass sie gleichfalls tropfenweise verdünnte Säure durch den Sand fliessen liessen.

Maistre hat im Jahre 1864 (und vor ihm 1859 Erkmann), wie im 4. Band von »Les Mondes« beschrieben ist, eine von den bisherigen Elementformen verschiedene hergestellt, um die Elektroden in beständige Bewegung versetzen zu können.

Zu diesem Behufe befestigte er 10 Kupfer- oder auch Kohlenscheiben isolirt auf einer in Lagern ruhenden Axe. Diese Scheiben tauchten in 10 Gläser, in welchen sich Eisenplatten als Lösungselektroden befanden. Metallfedern vermittelten den Uebergang des Stromes von den rotirenden Scheiben.

Es ist wohl überflüssig zu betonen, dass auch hier der Umstand eine wichtige Rolle spielt, dass den

Scheiben während ihrer Drehung Gelegenheit geboten wird, Sauerstoff aufnehmen zu können.

Erwähnung verdient noch eine eigenthümliche Verwendung des Zink-Kupfer-Elementes zur Bestimmung der Anzahl von Füllungen und Entleerungen, welche die Diffusions-Apparate der Zuckerfabriken erfahren. Zu diesem Behufe enthalten die Diffuseure, das sind die Apparate, in welchen die Rübenschnitten ausgelaugt werden, Zink- und Kupferplatten.

Diese stehen mit einem elektromagnetischen Zählwerk in Verbindung. Es ist klar, dass, sobald in den Diffuseur Flüssigkeit eingefüllt wird, ein Strom entsteht, welcher den Elektromagnet in Thätigkeit setzt, wodurch ein Zeiger bewegt wird.

Der Apparat ist von Sebek in Prag erfunden und eingehend in der Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen, V. Heft 1880, beschrieben.

## Elemente mit einer Flüssigkeit und einem Metalloxyde.

Bleisuperoxyd-Element. Umgiebt man die negative Elektrode des Smee-Elements mit Bleisuperoxyd dadurch, dass man das Platinblech in eine poröse Zelle versenkt und selbe dann mit diesem Stoffe ausfüllt, so erhält man ein Element, dessen Wirkung doppelt so gross ist als die des ursprünglichen Elementes.

De la Rive gebührt das Verdienst, schon vor ungefähr 30 Jahren auf diese Zusammenstellung aufmerksam gemacht zu haben.

Dr. Beetz hat eingehende Arbeiten über dieses Element ausgeführt und die elektromotorische Kraft = 2·4 gefunden. Sie sinkt jedoch nach einem 30 Minuten langen kurzen Schluss auf 1·4, steigt jedoch nach nur 5 Minuten Ruhe wieder auf 2·16.

Wir sehen also, dass die Verbrennung des abgeschiedenen Wasserstoffgases keine vollkommene ist, glauben jedoch, dass sich selbe rascher vollziehen würde, wenn man das Superoxyd mit Kohlenstückchen vermengt um die Elektrode anhäufen würde.

Die bedeutende Steigerung der elektromotorischen Kraft ist unbedingt der kräftigen Oxydation des Wasserstoffs, der zweiten chemischen Arbeit, welche in dem Elemente stattfindet, zuzuschreiben.

Der Verlauf der stattfindenden chemischen Processe ist folgender:

$$Zn + SO_4H_2 + SO_4H_2 + PbOO =$$
$$= ZnSO_4 + 2H_2O + PbSO_4$$

Freilich verläuft derselbe nicht so glatt, wie wir später sehen werden.

Ein Uebelstand, der in der Zusammensetzung des Elementes begründet ist, liegt ohne Zweifel in dem Umstande, dass Anlass geboten wird zur Entstehung eines unlöslichen Körpers, wie das Bleisulfat einer ist, wodurch, indem sich die Elektrode damit bedeckt, leicht der innere Widerstand sich steigern kann. Ein Element von ziemlich zufriedenstellender Wirksamkeit erhält man auch, wenn statt Superoxyd eine Mischung aus Minium und Retortenkohlenklein angewendet wird.

Mangansuperoxyd- oder Leclanché-Element. Trotzdem De la Rive zur selben Zeit, als er sein Bleisuperoxyd-Element versuchte, auch Elemente mit Braunstein zusammenstellte, gebührt ohne Zweifel Leclanché das Verdienst, der Erfinder des Braunstein-Elementes genannt zu werden, weil es erst seinen Bemühungen gelang, das Element so zu verbessern, dass es heute infolge seiner guten Eigenschaften eines der verbreitetsten ist. Wir wollen keine geschichtliche Entwicklung geben, sondern sofort das Element beschreiben, wie es am häufigsten im Gebrauche steht.

Fig. 21.

Ein viereckiges Gefäss (Fig. 21) mit einem runden Halse, der eine schnabelförmige Ausbiegung hat, enthält, nebst einem Zinkstabe, eine poröse Zelle, aus welcher ein Kohlenstab herausragt, der mit Retortenkohlenklein und Braunsteinkörnern umgeben ist.

Es ist sehr zweckmässig, viereckige Gefässe zu verwenden, weil diese einen gegebenen Raum besser auszunützen gestatten.

Die Zelle ist bis auf eine Oeffnung, welche der Luft zu entweichen und einzutreten gestattet, durch einen Pechaufguss verschlossen, um die Kohlenstücke am Herausfallen zu hindern.

Die poröse Zelle passt möglichst gut in den Hals, damit die Verdunstung der Flüssigkeit gering ist.

Der 1 Cm. starke Zinkstab, welcher mit einer Drahtspirale versehen ist, steht in der schnabelförmigen Ausbiegung des Gefässes, das zur Hälfte mit Ammoniaksalzlösung angefüllt wird.

Die Kohle trägt ein durch Bleiguss befestigtes Metallstück mit Schraube zum Festklemmen des Drahtes.

Die elektromotorische Kraft beträgt 1·38 Daniell (nach Leclanché), der Widerstand bei Elementen mit 14 Cm. hoher Zelle $5^1/_2$—6 Einheiten. Dazu, dass der Widerstand nicht grösser ist, trägt der Umstand bei, dass die negative Elektrode ziemlich gross und der Braunstein ein leidlich guter Leiter ist.

Leclanché giebt an, dass 24 seiner Elemente 40 Daniell-Elemente vertreten können, auch ist der Widerstand derselben bei gleicher Grösse geringer.

Aus Berichten kann man die Zahl 17 : 24 entnehmen, was ziemlich mit obiger Angabe stimmt.

Ein Hauptvorzug des Leclanché-Elementes ist sein geringer Zinkverbrauch, welcher thatsächlich nur dann eintritt, wenn es arbeitet. Die Wichtigkeit dieser Eigenschaft des Elementes haben wir schon bei den Ammoniaksalz-Elementen (Seite 65) betont.

Die Kälte hat einen sehr geringen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit dieses Elementes, was eingehende Versuche, welche von Lartigue angestellt wurden, bestätigen.

Eine Kälte von selbst 25° übt keinen merkbaren Nachtheil aus.

Leclanché selbst giebt an, dass der Widerstand von 2·3 auf 4·22 Einheiten steigt, wenn die Temperatur von + 10° auf — 18° sinkt.

Der Widerstand des Daniell-Elementes, welcher bei + 10° 8·35 Einheiten beträgt, steigt bei 0° auf 12·58 Einheiten und erreicht bei — 4° sogar 14 Einheiten. Bei — 20° beträgt der Widerstand sogar 200 Einheiten, denn bei — 6° wird die Flüssigkeit bereits dickflüssig.

Wir hatten schon erwähnt, dass die positive Elektrode nur aus einem Zinkstabe vom beiläufigen Durchmesser eines Centimeters besteht; es ist dies ein Kunstgriff, welcher der Kohlenelektrode in Bezug auf das Flächenmass ein gewaltiges Uebergewicht sichert, worauf, wie wir an anderem Orte bemerkt haben, der vollkommeneren Depolarisation wegen ein besonderes Augenmerk zu richten ist.

Als wichtig wollen wir noch erwähnen, dass der Zinkstab nicht gegossen, aber amalgamirt ist, und zwar aus folgenden Gründen. Gegossene Zinkelektroden schliessen immer mehr minder grosse Höhlungen ein, was gleichbedeutend mit einer Vergrösserung der Oberfläche ist und in den meisten Fällen einen unnützen Zinkverbrauch bedingt. Besser schon sind Elektroden aus gewalztem Bleche; am besten, weil am gleichförmigsten im Gefüge, ist gezogener Draht. Zu Blechen und Drähten lässt sich auch nur reineres Zink verarbeiten, während zu Gussgegenständen Spiauter verwendet wird und absichtlich oder zufällig oft Metalle beigemischt werden können. Solche Verunreinigungen würden aber einen Hauptvortheil des Leclanché-Elementes, während seiner Ruhe nichts zu verzehren, vernichten.

Das Amalgamiren hat vorzüglich zum Zweck, die Abnützung der Zinkelektrode möglichst gleichförmig zu gestalten, weil entstehende Rauhigkeiten, wie sie am

unamalgamirten Zink vorkommen, das Ansetzen von Krystallen unterstützen, was einer Verringerung der Oberfläche, somit einer Vergrösserung des inneren Widerstandes, geringerer chemischer Arbeit, gleichkommt, alles Ursachen einer Stromschwächung.

Was die negative Elektrode betrifft, so müssen auch bei ihrer Zusammenstellung gewisse Vorsichtsmassregeln beobachtet werden, wenn das Element vollkommen entsprechen soll.

Das Manganhyperoxyd, welches wir absichtlich nicht mit seinem zweiten Namen Braunstein nennen, weil unter diesem Namen auch ein für Elemente sehr unbrauchbarer Stoff verstanden wird, soll ein nadelartiges Gefüge haben, seidenartig sein und Graphitglanz besitzen, kurz es soll jenes Mineral sein, das dem Mineralogen unter dem Namen »Pyrolusit« bekannt ist, weil nur dieser die nöthige Leitungsfähigkeit besitzt.

Leclanché widerräth die Anwendung von feinem Pulver, weil dessen Widerstand 150 bis 200 Einheiten beträgt, also grösser als jener der Flüssigkeit ist, in welcher er verwendet wird, was zur Folge haben muss, dass sich der Wasserstoff an der Kohlenelektrode ausscheidet, während bei Anwendung grober Stücke der Widerstand um 12—15 Einheiten kleiner ist.

Aus dem Widerstande des Pulvers jedoch diesen Schluss zu ziehen, scheint nicht ganz zulässig zu sein, eine Vermuthung, die auch durch die Ergebnisse einer sehr eingehenden Untersuchung, welcher Beetz*) diesen Gegenstand unterzogen hat, bestätigt wird.

*) Beetz (Pogg. Ann. CL, Seite 546 aus den Berichten der Bayer. Akad.)

Derselbe stellte Versuche mit Gemischen aus feiner Kohle und feinem Manganhyperoxyd, feinem Pyrolusit und grober Kohle, grobem Pyrolusit und feiner Kohle an und fand, dass alle Elemente, welche feines Kohlenpulver enthielten, unbrauchbar waren; hingegen fand er, dass eine Mischung aus grober Kohle und feinem Braunstein die besten Ergebnisse liefert.

Dies lässt sich vielleicht so erklären, dass bei dieser Anordnung dem Wasserstoff überall der depolarisirende Pyrolusit begegnet, während es bei grobem Pulver vorkommen kann, dass sich die Kohle mit Wasserstoffbläschen beschlägt und der in einiger Entfernung liegende Pyrolusit nicht einwirken kann. Eine jedem Chemiker bekannte Thatsache ist es übrigens, dass chemische Vorgänge desto leichter vor sich gehen, je feiner zertheilt die wirksamen Stoffe sind.

Beetz giebt jedoch auch zu, dass bei dieser Zusammenstellung die elektromotorische Kraft nicht die höchst erreichbare sei.

Leclanché verfährt so, dass er gleiche Theile des von aller Gangart befreiten Pyrolusits mit eben so grobkörnig zerstossener Retortenkohle mengt.

Er giebt ausdrücklich an, der innere Widerstand eines Elementes, in welchem pulverförmiger Pyrolusit angewendet ist, sei fünf Mal grösser als der eines solchen, in welchem grobkörniger verwendet wird.

Was endlich die Flüssigkeit betrifft, so soll sie nie über die halbe Höhe der Zelle steigen und aus einer gesättigten Auflösung gereinigten Ammoniaksalzes bestehen, da anderes leicht Chlorblei oder Bleisulfat enthält, eine Verunreinigung, welche dadurch

schädlich wirkt, dass sich das Metall am Zink niederschlägt, wodurch ein andauernder Zinkverbrauch (da ja dadurch ein geschlossenes Element: Zink—Flüssigkeit—Blei geschaffen ist) eingeleitet wird.

Eine gesättigte Lösung anzuwenden ist nicht nur deshalb vortheilhaft, weil sich dadurch der innere Widerstand vermindert, sondern weil eine solche Flüssigkeit in höherem Grade befähigt wird, entstehende unlösliche Verbindungen aufzunehmen, was wichtig ist, denn würde sich Zinkoxychlorid an die Elektroden anlegen, so fände eine Verringerung der Oberfläche und noch dazu, da dieser Stoff ein schlechter Leiter ist, eine Erhöhung des Widerstandes statt, wären also zwei Ursachen zur Stromschwächung gegeben.

### Verbesserungen des Leclanché-Elementes.

Schon bei dem Ammoniaksalz-Element haben wir aufmerksam darauf gemacht, dass es wichtig ist, die Kohlenkörner möglichst fest an die Elektrode anzupressen. Das Gleiche gilt bei dem Gemisch des Leclanché-Elementes und hat dies um so mehr Berechtigung, da, wie wir eben erfahren haben, die Flüssigkeit einen grösseren Widerstand bietet, als die Mischung von Pyrolusit und Kohle.

In Verfolgung dieses Gedankens gelangte Leclanché dazu, das Zusammendrücken der Mischung durch hydraulische Pressen vollführen zu lassen, ein Verfahren, welches keine poröse Zelle aushält, weshalb er, um dem Ganzen einen Zusammenhang zu sichern, 5 Theile Gummilackharz beimischte, auf 100° C. erwärmte und einen Druck von 300 Atmosphären anwendete.

Der feste Cylinder, welcher auf diese Art entsteht, ist aus 40 Theilen Pyrolusit, 52 Theilen Kohle, 5 Theilen Gummilackharz und 3—4 Theilen doppelt schwefelsaurem Kalium zusammengesetzt. Letzteres Salz wird beigemengt, um das Auflösen des Zinkoxychlorides, welches in die Poren eindringt, zu unterstützen.

Ein angegossener Zinkkopf, der mit einer Schraube versehen ist, vermittelt die Verbindung mit der Zinkelektrode des nächsten Elements, die aus einem Drahte besteht, der durch Gummiringe oder ein Holzklötzchen von der Kohle getrennt, an dieser aber wieder durch Gummiringe festgehalten wird, wie Figur 22 zeigt.

Fig. 22.

Sobald der gepresste Cylinder ausgebraucht ist, kann er weggeworfen werden, da er dann nichts werthvolles mehr enthält, als etwa den Zinkkopf und die Schraube.

Diese Zusammenstellung erfüllte jedoch nicht die Hoffnungen, welche an dieselbe geknüpft wurden, woran auch der Umstand nicht unschuldig ist, dass vornehmlich der innere Widerstand bald eine beträchtliche Höhe erreichte.

Leclanché ging daher von dieser Form ab und stellte aus der angegebenen Mischung Platten her, die durch Gummiringe an der Kohlenelektrode befestigt wurden (Figur 23).

Diese Platten haben noch den Vortheil, dass sie eine Veränderung des Widerstandes, die ganz im Be-

lieben des Zusammenstellers liegt, gestatten, je nachdem er 1, 2 oder 3 Platten anwendet.

Ist es nothwendig den Widerstand sehr zu verringern, so können auch Zinkcylinder, oder wie es die Indian rubber Guttapercha and Telegraph Works Comp.

Fig. 23.

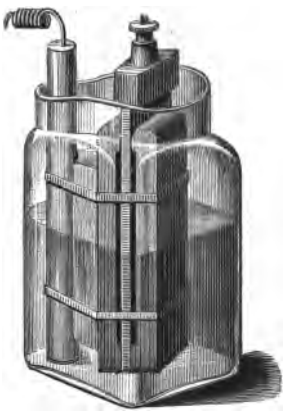
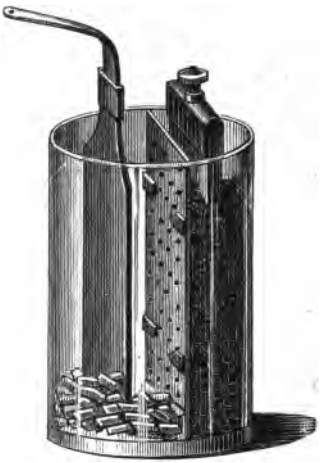


Fig. 24.



thut, vierseitige Zinkblechprismen angewendet werden, wodurch diese Elemente selbst bei dem submarinen Kabel Dienst zu leisten befähigt werden.

Tyer's Pyrolusit-Element (Fig. 24) besteht aus einem cylindrischen Porzellangefäss, dessen Innenraum durch eine siebartige Platte aus gleichem Stoffe, die sich an zwei vorstehende Nasen anlehnt, in 2 ungleich grosse Abtheilungen geschieden ist. In die kleinere kommt die Kohlenelektrode mit dem Gemisch aus

Kohlen- und Pyrolusitkörnern, in die grosse eine Zinkplatte mit dem Ammoniaksalz.

Nach den Angaben Leclanché's wirkt sein Element um so besser, je trockener die depolarisirende Mischung ist; bei diesem Element vertheilt sich jedoch die Flüssigkeit gleichförmig, da keine poröse Zelle vorhanden ist; vielleicht begründet dies den Umstand dass sich dieses Element ziemlich rasch polarisirt. An dieses Element schliesst sich das

Permanenz-Element von Marcus an, dessen sternförmig gegossene Zinkelektrode in ein cylindrisches Korbgeflechte taucht, das einer ähnlichen Behandlung unterworfen wird, wie das Papier bei der Herstellung des künstlichen Pergaments.

An dem oberen Rand dieser Zelle ist ein Ebonitring angekittet, in welchem ein Kautschukstöpsel steckt, durch den der cylindrische Hals der Zinkelektrode geht.

Das Körbchen steht nahe der einen Wand des viereckigen Gefässes, während die Kohlenelektrode ihren Platz an der gegenüberliegenden einnimmt. Der Zwischenraum ist mit der Mischung ausgefüllt.

Man sieht, dass in diesem Elemente die Kohlenelektrode überwiegt, was die Depolarisation sehr befördert. Zugleich wird durch diese Anordnung der innere Widerstand vermindert, was auch das Korbgeflecht, die Form der Zinkelektrode und ein Zusatz von doppeltschwefelsaurem Natrium bezweckt. Letzteres Salz befördert, wie wir schon beim Leclanché-Element gesagt haben, die Auflösung des gebildeten Zinkoxychlorides. Alle diese Umstände wirken zusammen, den

Strom des Elementes zu einem recht kräftigen zu machen. Wie beim Tyer-Element durchfeuchtet die Flüssigkeit das ganze Gemenge gleichförmig, auch ist dem Sauerstoffzutritt jeder Weg abgeschnitten, weil das Ganze vollkommen verkittet ist. Dennoch wirken diese Elemente andauernd, wie ihr Name andeuten soll, kräftig und haben sich deshalb schon sowohl im Eisenbahn-Telegraphendienst als auch bei der österreichischen Kriegsmarine Eingang erworben.

Zuweilen werden die Kohlenkörner und die Elektrode mit Platinmoor überzogen, was gewiss vortheilhaft ist und auch schon ausgeführt wurde im

Clark- und Muirhead-Element, bei welchem gleichfalls das einen hohlen Cylinder bildende Zink in einer durchlöcherten porösen Zelle steht und die Mischung aussen herum eingefüllt ist.

Das äussere Gefäss wird verkittet, das innere mit einem Deckel versehen, um alle Verdunstung zu vermeiden.

Die Erfinder platiniren sogar zuweilen den Pyrolusit.

Ueber die Zweckmässigkeit dieser Massregel liesse sich wohl streiten; gewiss ist die Frage berechtigt, ob auf diese Weise nicht sogar die Wirksamkeit des Pyrolusits vermindert wird.

Nach den Angaben von Clark und Muirhead verlieren diese Elemente, wenn sie eine Minute Dienst geleistet haben und der Widerstand 100 Einheiten beträgt, nur 1% ihrer elektromotorischen Kraft, während jene des Leclanché-Elements um $1\frac{1}{2}\%$ abnimmt; nach 5 Minuten ist das Verhältniss 2:5. Nach 10 Minuten

nimmt ersteres gleichfalls nur um 2% ab, während das Leclanché-Element 10% verliert. Weiter fortgesetzte Versuche zeigen, dass das platinirte Element fortan constant bleibt, während das Leclanché-Element beständig abnimmt.

Alle diese Abänderungen des Leclanché-Elementes leiden an dem Uebelstande, dass sie zu wenig Flüssigkeit fassen, wodurch selbe immer gesättigter wird, um so mehr, da der Braunstein für mehrere Ammoniaksalzladungen, ja für mehrere Zinke ausreicht.

Leclanché selbst hat in dieser Beziehung Versuche angestellt, ist aber der oben betonten Uebelstände wegen wieder zur jetzigen Form seiner Elemente zurückgekehrt. Nicht unerwähnt wollen wir

Binder's Element lassen,*) dessen Beschreibung wir geben, weil es vielleicht am meisten von den bisher beschriebenen Elementen abweicht.

Es besteht aus einem cylindrischen Gefässe, welches etwas unter der Mitte eine Einschnürung besitzt, die einem hohlen Zinkcylinder zur Stütze dient.

Ein Kohlenstab ist in der Mitte des Gefässes eingesenkt und sodann der ganze untere Theil des Glases rund um den Kohlenstab herum mit dem bekannten Gemische ausgefüllt. Ein Deckel, welcher 2 Oeffnungen besitzt, in der Mitte eine viereckige für die Kohle, am Rande eine für den Draht, der an dem Zinkcylinder angelöthet ist, hält sowohl Staub ab, als er auch die Verdunstung behindert.

---

*) Die elektrischen Telegraphen etc. etc. Dr. F. Binder, III. Aufl. 1880.

Zu bedenken bei dieser Form des Elementes ist jedoch der Umstand, dass jener Theil des Kohlenstabes, der dem Zinkring gegenübersteht, sich bald polarisiren wird, wodurch die Stromstärke zu Beginn schnell so lange sinken dürfte, bis nur mehr der untere, in die Mischung tauchende Theil seine Wirkung ausübt. Uebersehen darf auch nicht werden, dass eine Hauptbedingung für eine gute andauernde Wirksamkeit des Elementes hier ganz ausgeschlossen ist, dass nämlich das Kohlenklein ganz der Möglichkeit zu »athmen«, wie sich Leclanché ausdrückt, beraubt ist, weil selbes von der Flüssigkeit vollständig durchtränkt und bedeckt wird. Der Widerstand mag wohl ziemlich gering sein, da bei dieser Zusammenstellung jede Scheidewand entfällt. Diesem Elemente sehr ähnlich ist eine andere Form, die man dem Leclanché-Elemente in neuerer Zeit giebt und welche sehr verbreitet sein soll.*) Ein 15 Cm. weites 20—25 Cm. hohes mit einem Deckel versehenes Glas enthält eine bis zum Boden reichende, 8 Cm. breite, 30 Cm. lange Kohlenplatte, welcher in einer Entfernung von 6—8 Cm. eine ebenso breite Zinkplatte gegenüberhängt. Um die Kohle wird, etwa 6 Cm. hoch, die Mischung aus Kohle und Braunstein eingefüllt, auf welche man eine gesättigte Salmiaklösung bis 5 Cm. unter den Rand des Glases, der mit Fett oder Paraffin überzogen wird, aufgiesst. Das Zink taucht anfänglich nur wenig in die Flüssigkeit und wird, wenn der Strom nachlässt und das Zugeben von Salmiak nicht mehr hilft, dadurch tiefer eingesenkt, dass man den Stift,

*) Der elektromagn. Telegraph; Schellen, Kareis 1882 S. 57.

welcher quer durchgesteckt ist und so als Träger dient, in ein oberhalb liegendes Loch einführt. Die Zinkplatte ist amalgamirt und die Kohle dort, wo sie aus dem Gemisch heraustritt, mit einer Isolirmasse überzogen, wodurch der eine beim Binder-Element erwähnte Uebelstand beseitigt ist.

Die Einfachheit und Billigkeit dieser Zusammenstellung empfiehlt das Element für die Haustelegraphie.

Dem einen der oben angeführten Uebelstände weicht auch die englische Form des Leclanché-Elementes aus, während der andere in noch fast grösserem Massstabe vorhanden ist. In den in Englands Telegraphen-Aemtern gebräuchlichen Elementen liegt am Boden des Gefässes eine Kohlenscheibe, auf welche dann die Mischung aufgefüllt wird. Den Beschluss macht als positive Elektrode eine Zinkplatte. Zu bemerken bleibt noch, dass ein Zusatz von verdünnter Salzsäure gemacht wird, was freilich in Anbetracht des dadurch vermehrten Zinkverbrauches gerade nicht vortheilhaft genannt werden kann. Die verdünnte Chlorwasserstoffsäure ist jedoch ein sehr gutes Lösungsmittel für das sich bildende Chlorzinkammonium. *)

Beetz' medicinische Elemente schliessen sich den eben beschriebenen Zusammenstellungen an. Sie bestehen aus Probegläschen, in deren Boden ein Platindraht eingeschmolzen ist, welcher bis $^2/_3$ vom oberen Rande in das Gläschen nach aufwärts ragt und seiner ganzen Länge nach mit einem Gemisch aus Pyrolusit

*) Deutsches Archiv X. S. 119

und Retortenkohle umgeben ist. Die Gläschen sind durch einen Kautschukstöpsel geschlossen, durch welchen der Poldraht eines unamalgamirten Zinkstabes hindurchgesteckt ist.

Beetz sieht vom Amalgamiren bei dieser Zusammenstellung ab, weil herabtropfendes Quecksilber leicht die negative Elektrode amalgamiren könnte, was die Wirksamkeit bedeutend vermindert. Als Erregungsflüssigkeit dient eine nicht ganz gesättigte Chlorammoniumlösung.

Eine Unannehmlichkeit dieser Elemente, welche zu tragbaren Batterien verwendet werden, besteht darin, dass die Gläschen dort, wo der Platindraht, der doch nicht zu dünn sein darf, eingeschmolzen ist, springen und dann das Salz auswittert, weshalb es gut ist, den unteren Theil mit Paraffin oder Siegelwachs auszugiessen. Der obere Rand wird, um das Auswittern zu verhindern, mit Fett, Talg (Unschlitt) bestrichen.

Tragbares Leclanché-Element, Trocken-Element. Zu Torpedo- und Minenzündungen, Feldtelegraphie etc. etc. bedarf man solcher Elemente, welche weder Flüssigkeiten enthalten, noch die so leicht zerbrechlichen porösen Zellen. Um das erstere zu erreichen, füllt Desruelles jenen Raum, welcher die Ammoniaksalzlösung sonst enthält, mit Asbestfasern oder Glaswolle aus und tränkt diese Stoffe blos mit der Erregungsflüssigkeit, was für Elemente mit unterbrochenem Dienst vollkommen hinreichend ist.

Dem zweiten Uebelstand begegnet man dadurch, dass man die Mischung aus Pyrolusit und Retortenkohlenkörner in Zellen, die aus Filz hergestellt sind, einfüllt. —

### Was bei dem Gebrauche des Leclanché-Elementes zu beobachten ist. Wann und wie soll das Leclanché-Element verwendet werden.

Wir wollen hier eine kurze Zusammenstellung alles dessen geben, was bei der Benützung der Leclanché-Elemente, wenn sie eine vortheilhafte sein soll, beobachtet werden muss.

Vor Allem wollen wir die Frage aufwerfen: Wann soll und kann dieses Element verwendet werden?

Zur Beantwortung dieser Frage wollen wir die Ergebnisse einiger Versuche anführen.

Wenn wir das Leclanché-Element kurz schliessen, d. h. in den äusseren Stromkreis einen sehr kleinen Widerstand einschalten, selbst nur einige Secunden lang, so finden wir, dass es sich bedeutend polarisirt; wir finden aber auch, dass es sich rasch erholt, wenn wir es darauf eine kurze Zeit der Ruhe überlassen.

Wiederholen wir diesen Versuch noch so oft, immer tritt dieselbe Erscheinung auf. Fordern wir jedoch einen andauernden Strom, so erfahren wir, dass die elektromotorische Kraft binnen kurzer Frist fast um die Hälfte gesunken ist.

Schalten wir jedoch in den Stromkreis einen grossen Widerstand ein, so können wir fortgesetzt eine zufriedenstellende Leistung des Elementes erhalten, die freilich nicht die höchste, die anfängliche, ist.

Aus allen dem folgt, dass dieses Element für andauernde Arbeit und Schluss mit geringen Widerständen ungeeignet, aber sehr am Platze ist, wenn ein unterbrochener Dienst unter Verhältnissen, wie sie beim Telegraphendienst gegeben sind, gefordert wird.

Der innere Widerstand steigert sich durch diese Umgestaltung wenig und die elektromotorische Kraft bleibt ganz dieselbe.

Gaiffe-Element. Diese Zusammenstellung besteht aus einem Zinkstabe, der in Zinkchlorid taucht, und einem Kohlencylinder, der parallel zur Axe mit 4 Bohrungen versehen ist, welche den Zweck haben, Pyrolusitkörner aufzunehmen.

Die Erregungsflüssigkeit ist eine recht zweckmässig gewählte, da sie sowohl ein ziemlich guter Leiter ist, das Zink bei offenem Strome nicht angreift, als auch ein gutes Lösungsmittel für das Oxychlorid bildet.

Der Widerstand im Elemente ist durch Vermeidung der porösen Zelle herabgemindert, die Neubeschickung mit Pyrolusit, wenn dieser Stoff seine Fähigkeit, Sauerstoff abzuscheiden, verloren hat, eine leichte.

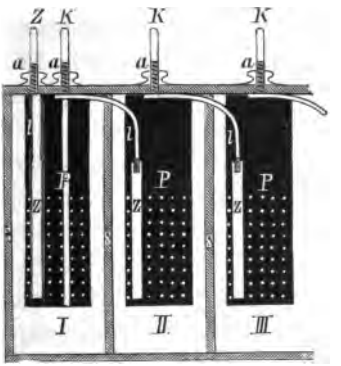
Es dünkt uns aber, dass dieser Fall kaum ein sehr schnell eintretender sein dürfte, denn es ist fraglich, ob die Wasserstoffabscheidung häufig bis zu den Pyrolusitkörnern vordringen wird, und wenn es geschieht, dürfte die Kraft des Elementes schon sehr abgenommen haben, dieselbe also sehr gering sein.

Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht der Umstand, dass sich dieses Element ziemlich schnell polarisirt, besonders dann, wenn der Widerstand im Schliessungskreis ein geringer ist. Die Depolarisation erfolgt jedoch für die meisten Anwendungen rasch und vollkommen genug.

Die elektromotorische Kraft ist kleiner als die des Leclanché-Elementes, sie beträgt nur 1·3 Daniell.

Die Verdunstung auszuschliessen ist die Kohle eingekittet. Ein Vortheil des Elementes besteht darin, dass es keine übelriechenden Gase entwickelt, was oft zu berücksichtigen ist; in dieser Beziehung muss das Ammoniaksalz-Element zurückstehen.

Fig. 25.




Leiter's Patronen-Element wollen wir seiner sinnreichen Zusammenstellung willen hier folgen lassen, und benützen dabei die Erklärung, welche der Erfinder selbst von demselben giebt.

Es (Fig. 25) besteht aus einem, nach oben offenen Hohlcylinder aus Hartkautschuk *H*, der an der unteren Hälfte siebartig durchlöchert ist. Im Centrum des Bodens ist im Innern dieser Patrone ein durch Guttapercha isolirter Metallstab *P* angeschraubt, welcher ausserhalb der Hülse in zwei drahtförmige Theile endet, wovon der gerade zur Ausleitung des Kohlen-Braun

steinpoles, der andere abgebogene zur Verbindung mit dem Zinkkolben dient; der gerade Fortsatz ist noch mit einem Gewinde für eine Schraubenmutter versehen.

In der Mitte des in der Hülse befindlichen Metallstabes ist an einer Stelle *R*, welche von der Isolirung frei bleibt, ein Stück Platinblech angelöthet, welches den Contact mit den in der Hülse eingepressten hanfkorngrossen Braunstein- und Gaskohlenstücken herstellt.

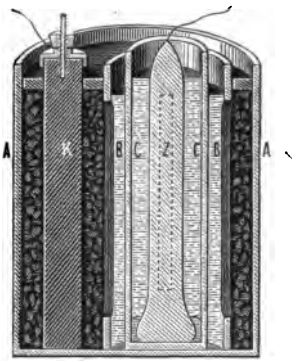
In Fig. 25 ist die Zusammenstellung von 3 solchen Elementen in den Zellen ersichtlich. Dieselben sind an einem flachen Kautschukstabe (Elemententräger) durch 3 Schrauben *a* folgendermassen befestigt: Von der ersten Zelle *I* ist das Zink frei, die Patrone der ersten Zelle ist mit dem Zinkstabe der *II*, und die der *II* mit dem Zinkstabe der *III* Zelle verbunden. Die Scheidewände dieser Zellen sind mit *S*, die Zinkkolben mit *Z*, die Patronelemente mit *P*, die freie Zinkausleitung mit *Z* und die Braunstein-Kohlenausleitungen mit *K* bezeichnet.

Diese Anordnung geht durch alle 30 (respective 40) Elemente fort, nur sind je 10 Elemente an einem Stabe, wie erwähnt, verbunden. Dieser Stab ruht auf den Kanten der Zellenscheidewände so, dass die Elemente 3 Centimeter vom Boden frei stehen, welcher Raum für die Producte der Elektrolyse, nämlich die Zink- und Manganchloride bestimmt ist.

Jede solche Reihe von 10 Elementen kann durch den Stab auf einmal ausgehoben, und die Elemente selbst aus den Schlitzen in dem Stabe durch Lüften der Schraube ausgezogen werden.

Howell-Element *). In einem Steinzeugtopf (Fig. 26) befindet sich neben der Kohlenplatte eine Zelle, die mit Längsschlitzen versehen und zur Aufnahme der eigentlichen porösen Zelle bestimmt ist. Diese enthält dann die Zinkstange *Zn* und etwas Quecksilber, das so eine möglichst gute Amalgamirung besorgt.

Fig. 26.




Um die Kohle und die geschlitzte Zelle herum, also den ganzen Raum des äusseren Gefässes ausfüllend, wird ein Gemisch aus Retortenkohlenkörnern, Pyrolusit und etwas Mangansulfat eingestampft. Ein Herausfallen zu verhindern, bekommt die Mischung eine Decke aus bituminöser Kohlenmasse, in der einige Oeffnungen zum Entweichen der Gase ausgespart sind.

In die poröse Zelle kommt eine Lösung von Ammoniumsulfat 2·5 Gew. %, ausserhalb füllt man verdünnte Schwefelsäure ein.

Die elektromotorische Kraft soll 2·14 Volts betragen, was also gute 15% mehr wäre, als man dem Leclanché-Element nachrühmt. Der Widerstand schwankt zwischen 5—6 Ohms. Das Element soll sehr ausdauernd und die Depolarisation eine befriedigende sein.

Bis nun fehlen hierüber genauere Nachrichten, wenigstens uns sind keine solchen, ausser jener, dass auf

*) La lumière électrique 1879, S. 235.

der Pariser elektrischen Ausstellung das Element bei Latimer Clark zu sehen war, bekannt geworden.

## Trockene Säulen.

Unter diesem Namen versteht man eine der Voltasäule sehr ähnliche Zusammenstellung, in welcher statt der Flüssigkeit blos ein feuchter Leiter verwendet wird. Einige dieser trockenen Säulen, z. B. jene, welche Behrens und de Luc zu Beginn unseres Jahrhundertes zusammenstellten, hätten wir sofort bei der Voltasäule besprechen müssen, da sie aus Zink- und Kupfer-, oder Zink- und Silberplatten bestanden, die durch Papierscheiben getrennt waren, welche ersterer zwar trocken einlegte, früher aber mit Salzwasser tränkte. Da wir aber nur Apparate besprechen wollen, welche Anwendung finden, gehen wir sofort auf die an diese Stelle gehörige

Zamboni-Säule über, die im Jahre 1812 zusammengestellt wurde. Sie besteht aus Silberpapierscheiben, deren Kehrseiten mit einem dünnen Ueberzug von Braunstein bedeckt sind, welcher dadurch hergestellt wird, dass man das feingestossene und geschlämmte Mineral in Honig, Milch, Gummi oder selbst Leimwasser einrührt und auf die Papierbogen aufstreicht.

Mehrere solcher Bogen werden, wenn der Anstrich trocken geworden ist, auf einander gelegt und mittelst eines Locheisens auf einmal die etwa 3 Cm. grossen Scheiben ausgeschlagen. Sodann legt man die auf diese Weise entstehenden kleinen Säulchen in ein Gestelle, wie das in Fig. 8 abgebildete, ein, wobei man die Vor-

sicht gebraucht, ein Metallplättchen unterzulegen, das mit drei Oeffnungen und in diese eingeknüpften Seidenfäden versehen ist. Zum Schluss legt man ein ganz gleiches Metallplättchen auf, durch dessen drei Löcher je einer der Seidenfäden durchgezogen wird. Während man einen kleinen Druck auf die Scheibchen ausübt, knüpft man die Fäden zusammen, und kann die ganze Säule zwischen den drei Stäben herausziehen und in eine, innen gut mit Harz überzogene Glasröhre stecken. Will man diese entbehren, so muss man die Säule selbst mit einem derartigen Ueberzug versehen.

Dieser Ueberzug hat einen zweifachen Zweck, einmal schützt er die Papierscheiben vor dem vollständigen Austrocknen, was zur Folge hätte, dass die Säule unwirksam wird, ferner schützt er aber auch vor einer Ausgleichung der Elektricitäten oder Ableitung derselben, welche der hohen Spannung wegen, in feuchter Luft leicht stattfinden würde. Dass diese beiden Fälle eintreten können, beweist der Umstand, dass eine schlechte Säule in feuchter Luft anfangs wirksam werden kann, aber wieder untauglich wird, oder eine feuchte Säule in trockene Räume gebracht, Elektricität entwickelt, weil bei der äusserlichen Abtrocknung die bis dahin erfolgten Verluste aufgehoben werden.

Eine Erwärmung hat auch meistens noch deshalb eine Hebung der Thätigkeit im Gefolge, weil in Folge derselben die chemische Wirksamkeit erhöht wird. Diese beruht hauptsächlich wohl auf einer Reduction des Braunsteins, doch dürfte auch, wenn unechtes Silberpapier (Goldpapier) verwendet wird, noch die Oxydation des Zinks eine Rolle spielen; vielleicht erklärt dies auch,

warum solche Säulen zu Beginn kräftiger sind, aber ihre Wirksamkeit früher verlieren als solche, bei welchen edle Metalle angewendet werden, eine Erfahrung, welche wir wiederholt gemacht haben.

Selbstverständlich besitzen diese Säulen einen hohen inneren Widerstand; die grosse Anzahl der Elemente aber, welche in denselben auf Spannung verbunden sind (häufig 4000), geben Anlass zur Anhäufung freier Elektricität, so dass die Pole solcher Säulen auf leichte Körperchen anziehend und abstossend wirken, und im Dunkeln ein sehr deutliches Ueberspringen elektrischer Funken zeigen. Diese Eigenschaft führte dazu, diese Säule zu verschiedenen wissenschaftlichen Spielwerken zu benützen und ein sogenanntes Perpetuum mobile zusammen zu stellen. Heute macht man von der Säule in den Elektroskopen Gebrauch, von welchen die nach Fechner und Bohnenberger am verbreitetsten sind; sie dient auch zur Ladung der Nadel des Thomson'schen Elektrometers, Apparate, deren Beschreibung einem späteren Bande (VIII) vorbehalten sind.

## Depolarisation durch den Sauerstoff von Säuren.

Elemente mit Salpetersäure. Als wir die Erscheinungen der Stromschwächung erklärten, machten wir auch folgenden Versuch: Nachdem das Smee-Element seine Kraft zur Hälfte eingebüsst hatte, führten wir an der Platin-Elektrode mittelst einer Pipette Salpetersäure ein; am Ausschlage der Galvanometernadel merkten wir, dass sofort eine Steigerung der Stromstärke stattfand.

Es ist leicht einzusehen, dass man nicht auf diese Weise verfahren kann, wenn man einen andauernden Strom benöthigt.

Grove-Element. Grove gebührt das Verdienst, zuerst eine ähnliche Zusammenstellung erfunden zu haben. Was wir heute unter Grove-Element kennen, sind mannigfache Abänderungen der ursprünglichen Form.

Fig. 27.

Fig. 28.

Am häufigsten verbreitet, wenigstens in Deutschland, ist die von Poggendorff vorgeschlagene Zusammenstellung. Sein Element (Fig. 27) besteht aus einer cylindrischen, von der Zinkplatte umgebenen Thonzelle, in welche die S-förmig gebogene Platin-Elektrode eingesenkt ist. Getragen wird sie durch einen Porzellandeckel, welcher zugleich dazu dient, die Säuredämpfe zurückzuhalten. Zur zweckmässigen Befestigung der

Elektrode besitzt der Deckel einen Schlitz, durch welchen ein Theil der Elektrode hindurchgesteckt wird; ein doppelt gebogener Kupferstreifen hält ihn fest. Um der Säure den Zutritt zu dem Kupfer zu verwehren, ist der Deckel mit Schwefel ausgegossen. Dadurch wird auch der S-Form des Platinbleches, das ja sehr schwach ist, eine gewisse Beständigkeit gesichert. (Fig. 28.)

In England, und früher auch in Deutschland, werden viereckige Porzellangefässe verwendet, in welchen eine U-förmig gebogene Zinkplatte eingesenkt ist, und welche Schwefelsäure enthalten. Zwischen den Schenkeln dieser Elektrode wird das poröse Gefäss eingeführt, welches rauchende Salpetersäure und die Platinplatte enthält. Die Elektroden zweier benachbarten Elemente werden unter Vermeidung von Drähten durch Klammern aneinander gepresst, wodurch eine schlechte Berührung ziemlich ausgeschlossen ist.

Wir glauben, dass diese Zusammenstellung nicht nachahmenswerth ist. Die Klemmen werden von den Säuredämpfen, gegen welche gar kein Schutz vorhanden ist, heftig angegriffen und die Zinke, welche sich unten am meisten abnützen, brechen am Buge. Ein Vorschlag Wigner's, der mit diesen Elementen viel gearbeitet hat, geht dahin, den Boden des Gefässes mit Quecksilber zu bedecken und zwei Zinkplatten in dasselbe einzusenken, welche auf diese Art gut verbunden und beständig amalgamirt sind.

Bei diesem Elemente, das seiner Kostspieligkeit wegen doch weniger angewendet wird und von dem im Allgemeinen Gleiches wie von dem später beschriebenen Bunsen-Elemente gilt, wollen wir nicht länger

verweilen und nur noch einen Vorschlag erwähnen, der gemacht und ausgeführt wurde, die theuren, sich leicht verbiegenden Platinbleche zu umgehen.

Die Ausführung des Vorschlages gipfelt darin, dass man Platin auf Porzellan einbrennt. Abgesehen davon, dass die Befestigung von Pölstreifen schwierig ist, bleibt noch der grosse Widerstand, welchen die dünne Metallhaut bietet, zu berücksichtigen.

Wir haben auch ganz kurz erklärt, dass die Steigerung der elektromotorischen Kraft dem Auftreten von zwei chemischen Vorgängen entspringt, der Auflösung des Zinkes und der Oxydation des ausgeschiedenen Wasserstoffgases durch die Salpetersäure. Nun wollen wir eingehender erörtern, wie dies zugehe. Die Salpetersäure ($HNO_3$) ist eine Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff, welche die Eigenschaft besitzt, leicht zu zerfallen, indem sie Sauerstoff abgiebt. Wasserstoffgas verbrennt sie zu Wasser unter Bildung von Stickstoffoxyd ($NO$), welche Verbindung jedoch die Eigenthümlichkeit besitzt aus der Luft Sauerstoff aufnehmen zu können. Hierdurch entsteht eine neue Verbindung, welche den Namen Untersalpetersäure ($NO_2$) trägt. Dieser neue Stoff tritt in Gestalt rothbrauner Dämpfe auf, die einen erstickenden Geruch besitzen.

Die Vorgänge spielen sich jedoch nicht so glatt ab, wie wir so eben erzählt haben, und wenn die Säure verdünnter geworden, das Element erschöpft ist, geht dem Stickstoff aller Sauerstoff verloren und es kettet sich der Wasserstoff an denselben an, wodurch Ammoniak entsteht.

Dass dies geschieht, kann man sehr leicht dadurch nachweisen, dass man die Flüssigkeit von der-

gleichen Elementen mit Kalk destillirt, der die Säure bindet, mit welcher sich das Ammoniak im Entstehungsaugenblicke vereinigt hatte, wodurch das Ammoniak gasförmig wird und entweicht.

In chemischen Formeln ausgedrückt, sind die geschilderten Vorgänge folgende:

$$2\,HNO_3 + 4\,H_2 = 3\,H_2O + NH_4NO_3.$$

Bunsen-Element. Wir könnten eine Reihe von Namen deutscher, französischer, englischer Physiker aufzählen, welche alle sich mit dem Ersatz des Platins durch Kohle oder Graphit beschäftigten. Bunsen jedoch erst gelang es im Jahre 1841, diesem Gedanken zur glücklichen Ausführung und Verbreitung zu verhelfen, dadurch, dass er mit Hilfe der auf Seite 50 beschriebenen künstlichen Kohle ein Element zusammensetzte.

Ursprünglich stellte er in den hohlen Kohlencylinder die Zelle mit der Zinkelektrode in verdünnter Schwefelsäure und füllte den Zwischenraum mit Sand aus, der mit Salpetersäure getränkt wurde. Später wurde der Sand weggelassen und die Kohle mit Bohrungen versehen, damit die zwischen ihrer Aussenwand und dem Gefässe befindliche Salpetersäure leicht zum Innenraum Zutritt erhält. Dies ist eine Verbesserung des Elementes, weil es dadurch fähig ist, mehr Salpetersäure aufzunehmen, die ja einer der Stoffe ist, welche im Elemente verzehrt werden, und von deren Menge also die Beständigkeit des Elementes abhängt.

Der Ableitungsstreifen bestand aus einem Kupferband, das, wie Figur 29 zeigt, um den Hals des Kohlen-

cylinders, der oben verstärkt war, geschlungen und durch eine Schraube fest angezogen wurde.

Bezüglich der Befestigungsweise dieser Ableitungsstreifen wurden gerade bei diesem Elemente, wegen der zerstörenden Wirkung der Salpetersäure, die verschiedensten Vorschläge gemacht; einige derselben, die wichtigsten, wurden schon auf Seite 52 besprochen.

Fig. 29.

Weil dieses Element ohnehin selten mehr angewendet wird, wollen wir von einer eingehenden Beschreibung aller Verbesserungen absehen, und nur noch bemerken, dass der Hals der Gefässe eingezogen ist und dass auf demselben der vorspringende Theil der Kohle aufliegt, damit die Säureausdünstungen möglichst zurückgehalten werden.

Die aus den Werkstätten Siemens & Halske hervorgehenden Elemente haben als positive Elek-

trode einen gegossenen Zinkklotz von kreuzförmigem Querschnitt; ein voller Cylinder wäre wegen seiner Schwere der Thonzelle gefährlich, auch würde er den Raum für die Schwefelsäure zu sehr verringern. Am besten sind wohl Hohlcylinder aus Blech; sie sind aus Gründen, die wir auf Seite 79 angegeben haben, den gegossenen vorzuziehen. Diese Hohlcylinder werden

Fig. 30.

durch Biegen oder Einrollen von erwärmtem, 4 Mm. starkem Zinkblech hergestellt und mit angenieteten und dann noch gelötheten Ableitungsstreifen versehen, welche in Drähte auslaufen oder am Ende mit Schlitzen versehen sind. Vortheilhafter ist es jedoch, statt Streifen oder Drähte anzunieten, selbe mit Hilfe von Klemmen zu befestigen, wie Fig. 30 zeigt.

Wer nur einige Male mit derlei Elementen gearbeitet hat, der wird wohl unserer Ansicht beistimmen,

denn diese Polstreifen sind sehr hinderlich, wenn es sich darum handelt, die Zinke zu amalgamiren; das Quecksilber selbst zerstört die innige Verbindung, löst das Zinn auf. Ferner bekommen die Zinke in der Nähe der Streifen sehr bald Löcher, was theilweise dem Umstande zuzuschreiben ist, dass ja das Zink und Kupfer ein geschlossenes Element bilden. Aber auch dann, wenn man die Zinke so hoch macht, dass die Verbindungsstelle nicht von der Säure berührt werden kann, was aber eine grosse Zinkverschwendung veranlasst, werden die Stellen in der Nähe der Ableitungsstreifen stärker angegriffen. Auch bieten die Streifen beim Verpacken und Aufschichten ein böses Hinderniss. Abgesehen davon, dass bei Anwendung von Klemmen alle diese Nachtheile vermieden werden, geniesst man den grossen Vortheil, dass man die Zinke stürzen kann, wenn sie, was immer früher geschieht, unten stark abgenützt sind; man kann also die Zinke besser ausbrauchen. Auch lassen sich die Klemmen mit ihren Drähten oder Streifen besser blank erhalten und reinigen, als wenn man immer den schweren Zinkcylinder mit in die Hand nehmen muss.

Heute ist die sogenannte französische Form der Bunsen-Elemente (Fig. 30) am verbreitetsten und wohl mit einigem Rechte, wie wir bald sehen werden. Ein Glas- oder Steingutgefäss (Thon mit Glasurüberzug ist zu vermeiden, weil, wenn dieser, was bald geschieht, zerstört ist, das Gefäss säuredurchlässig wird), das wegen seiner geringen Zerbrechlichkeit vorzuziehen ist, aber den grossen Fehler, undurchsichtig zu sein, besitzt, enthält die verdünnte Schwefelsäure, den Zinkcylinder

und in dessen Hohlraum eine Thonzelle, in welcher Salpetersäure eingefüllt und die Kohlenelektrode *C* eingesenkt ist. Die negative Elektrode hat einen rechteckigen Querschnitt und ist aus Retortenkohlenstücken herausgeschnitten, besitzt also meist eine grosse Leitungsfähigkeit und kann durch eine anschraubbare Klemme auf sehr einfache Weise mit der nächsten Elektrode verbunden werden. Eine zweckmässige Anordnung ist in Figur 30 vorgeführt.

Die Zelle, welche ziemlich porös sein muss, damit der Widerstand nicht gar zu hoch wird, soll den Zinkcylinder überragen, der letztere so weit sein, dass die eine Backe der Klemmschraube genügend Platz hat und die Schwefelsäure sich rasch genug erneuern kann. Die Kohle muss wieder ein gutes Stück länger als die Zelle sein, damit die Klemme nicht zu sehr von den Säuredämpfen und der aufsteigenden Salpetersäure angegriffen wird. Es ist zweckmässig, wenn die Zinkklemme mit der Kohlenklemme durch einen biegsamen Blechstreifen verbunden ist, weil man dann nicht mit zu vielen Stücken und Verbindungsstellen zu thun hat. Dies ist aber nur dann vortheilhaft, wenn alle Stücke der Batterie gleichförmig sind, sonst ist es vorzuziehen, wenn ein Draht an der Zinkklemme befestigt ist, weil man es so in seiner Gewalt hat, der Kohle durch den Draht in der Zelle eine lothrechte Stellung zu geben. Zwischen der Schraube und der Kohle wird ein Kupferplättchen eingelegt oder ist ein solches beweglich an der Klemme befestigt, was weit bequemer ist.

Die Klemmentheile, welche an Zink und Kohle anliegen, müssen vor dem Gebrauch entweder durch

Abbeizen, oder um Schraube und Gewinde zu schonen, mit einer feinen Feile gereinigt werden, denn eine einzige schlechte Berührungsstelle kann zu einer bedeutenden Stromschwächung Anlass geben.

Eine der wichtigsten Vorbereitungen, welche der Zusammenstellung einer Säule ausser der Reinigung aller Contactstellen vorausgehen muss, ist die sorgfältige Amalgamirung der Zinkcylinder.

Von den verschiedenen Vorschriften, welche in Bezug auf eine Erleichterung dieser Arbeit gegeben werden, wollen wir jene anführen, die uns die zweckmässigsten zu sein scheinen.

Kommt es nicht darauf an, dass besonders sparsam mit dem Quecksilber umgegangen werden muss, oder besser gesagt, kann man sich eine grössere Menge ausschliesslich zum Amalgamiren bestimmten Quecksilbers auf die Seite stellen, so ist folgendes Verfahren zu empfehlen.

In ein starkes Glasgefass wird so viel Quecksilber eingefüllt, dass selbes bis über die halbe Höhe des Zinkcylinders reicht, wenn selber eingetaucht ist. Auf das Quecksilber giesst man eine Schichte von Chlorwasserstoffsäure und taucht den Cylinder unter, der sofort innen und aussen spiegelblank wird. Man zieht ihn heraus, stürzt ihn und stellt ihn sodann in ein Gefäss mit Wasser, damit die Salzsäure abgespült wird und das abtropfende Quecksilber sich sammeln kann.

Wer die allerdings stechenden Dämpfe der Salzsäure scheut, kann sich einer Mischung von 1 Raumtheil Schwefelsäure und 10 Raumtheilen Wasser bedienen. Das Beizen mit dieser Flüssigkeit erfolgt jedoch nicht

so rasch, weshalb man selbe in ein besonderes Gefäss giessen muss, in welches dann auch die Zinkcylinder gestellt werden, ehe man sie in das Quecksilber taucht; hiebei verfährt man so, dass man 3—4 Cylinder nach einander in die Wanne bringt und so oft einer herausgenommen wird, den ältesten nimmt und den zweitältesten stürzt, da man sie ja nicht ganz in die Schwefelsäure untertauchen lässt; so oft einer herausgenommen wurde, wird wieder ein frischer eingesetzt. Bei Befolgung dieses Vorganges sind alle eine gleich lange Zeit der Beizung ausgesetzt.

Will man Quecksilber sparen, so bedarf man einer besonderen gusseisernen, emaillirten Wanne, welche dem Zinkcylinder entsprechend eine halbcylindrige Gestalt hat. Der Zinkcylinder wird so hineingelegt, dass seine Spalte nach abwärts kommt, was das Eindringen des Quecksilbers befördert, und sodann so lange um seine Axe gedreht, bis die Innenfläche amalgamirt ist. Sodann zieht man ihn schief heraus, damit das Quecksilber abtropfen kann, dreht die Spalte nach aufwärts, damit am Wege zur Wanne, in welcher die Cylinder aufgestapelt werden, trotzdem man ihn wagrecht hält, kein Quecksilber abrinnt.

Man kommt auch mit wenig Quecksilber aus, wenn man in den cylindrischen Hohlraum eines Gefässes einen Holzcylinder einführt und durch Hinabpressen das Quecksilber zum Hinaufsteigen bringt, oder wenn man sich durch Ineinanderkitten zweier cylindrischer Gläser einen Ringhohlraum verschafft.

Sehr mühselig ist das sonst eingehaltene Verfahren, das Quecksilber anzureiben, indem man einen mit

Filz umwundenen Holzstab in Salzsäure taucht, die Höhlung benetzt, Quecksilber auftropft und dann mit dem Filzlappen verreibt.

Ganz ungenügend ist das Amalgamiren durch Eintauchen in eine Quecksilberlösung, wie an vielen Orten empfohlen wird, höchstens kann man dieses Eintauchen in Quecksilberlösung dem Amalgamiren statt des Beizens vorausgehen lassen. Eine solche Lösung wird bereitet, indem man Quecksilber unter Erwärmung in Königswasser löst und nach erfolgter Sättigung eine der Flüssigkeit gleiche Menge Salzsäure zusetzt.

Das Verhältniss ist ungefähr folgendes: 100 Gr Quecksilber und 500 Gr. eines Gemisches aus 1 Th. Salpetersäure, 2 Th. Salzsäure.

Zweckmässig ist es, das Amalgamiren kurz vor dem Gebrauche vorzunehmen, weil sich sonst eine Haut von Zinkcarbonat (kohlensaurem Zink) bildet, die ein starkes Aufbrausen hervorruft, wenn die Cylinder in die Schwefelsäure getaucht werden, wodurch Säure mitgerissen und die Gläser aussen benetzt werden.

Waren die Cylinder gut amalgamirt, so genügt für diesen Fall das Eintauchen in die Amalgamirflüssigkeit und gutes Abspülen.

## Zweckmässiges Füllen und Entleeren einer grösseren Säule.

Handelt es sich darum, eine Säule schnell und zweckmässig aufzustellen und allen Stromverlusten möglichst vorzubeugen, so ist es nothwendig, gewisse Vorsichtsmassregeln anzuwenden.

Der Ort, wo sie Platz finden soll, muss trocken, vor Regen geschützt, nicht der Sonne und Hitze ausgesetzt sein, die Temperatur darf jedoch auch nicht viele Grade unter Null gehen.

Trockene Bretter, besser noch glasirte Thonplatten, oder, wie Wigner vorschlägt, Glasstäbe, welche etwa verschütteter Säure abzurinnen gestatten, sollen den Gefässen zur Unterlage dienen.

Diese selbst stellt man in 1 oder 2 Reihen auf; ersteres oder, wenn Platz vorhanden, ein Aufstellen im Kreise oder Viereck ist vorzuziehen; kann man jedoch von beiden Seiten zukommen, so genügt das Aufstellen in 2 Reihen, was den Vortheil hat, dass sich die Polenden nebeneinander befinden, was aber auch wieder, wenn die Gläser nicht trocken sind, zu Stromverlusten führen kann.

Jedes Gefäss versieht man, ehe man es an seinen Platz stellt, mit seiner Zinkelektrode, Thonzelle und Kohle sammt Klemme, welche man sofort mit dem Zink des vorhergehenden Elements verbindet. Stellt man zuerst in Reihen auf und hält die Abstände nicht sorgfältig ein, so muss man lange hin- und herrücken. Vollkommen abzurathen ist aber davon, die Verbindungen erst nach dem Füllen herzustellen; abgesehen davon, dass man dann die Gefässe schlechter in den richtigen Abstand bringt ohne etwas zu verschütten, hat man den Uebelstand hinzunehmen, dass man die Dämpfe der Säuren einathmen muss, wenn man sich über die Elemente beugt.

Darauf darf nicht vergessen werden, dass alle Klemmen und Verbindungsdrähte eine das Füllen nicht behindernde Stellung bekommen.

Ist alles wie beschrieben vorgerichtet, so beginnt man mit dem Einfüllen der Salpetersäure, welche Arbeit so rasch als möglich vollendet werden soll, damit alle Zellen gleichmässig durchfeuchtet sind, wenn mit dem Eingiessen der verdünnten Schwefelsäure begonnen wird. Beide Säuren füllt man mit Hilfe eines Glaskruges und eines Trichters ein, auch kann man sich eines Hebers bedienen, dessen Beschreibung wir dem Werke von A. Niaudet deutsch vom Verfasser entnehmen.

»Ein Kautschukschlauch trägt an einem Ende einen Ansatz aus Glas oder Hartgummi, welcher flachgedrückt sein soll, um ihn leicht zwischen das Zink und die Gefässwand einführen zu können. Am anderen Ende des Kautschukschlauches sitzt ein Gummiansatz, an welchem eine starke Bleischeibe befestigt ist, um durch ihr Gewicht ein Herabsinken dieses Schlauchendes bis auf den Boden des Gefässes, welches die erzeugende Flüssigkeit enthält, zu veranlassen. Damit der Fluss der Flüssigkeit nicht zu langsam vor sich gehe, ist nothwendig, dass dieses Gefäss ungefähr um einen Meter höher steht als die Elemente. Man hält den Kautschukschlauch ganz nahe seinem Ende in der Hand, um durch einen Fingerdruck die Flüssigkeit beendigen zu können, ein Nachlassen des Druckes hat ein neues Ausfliessen zur Folge. Auf diese Weise erspart man einen Hahn und kann durch angemessenen Druck die Stärke des Stromes regeln und die Gefässe bis auf einige Mm. gleich erfüllen.

Das Einfüllen der Schlauchen hat [illegible] wie es Beginnen [illegible] des Hebers [illegible]

aufrecht hält und in eine Mündung Wasser eingiesst, bis dieses an dem zweiten Ende austritt, worauf man den so gefüllten Heber in das Gefäss mit der Säure senkt, den Finger entfernt und einige Zeit den Heber spielen lässt, damit das Wasser, das er enthält, ausfliesst. Nachdem die Füllung geschehen ist, muss man den Schlauch reinigen, was am besten mit Wasser, das etwas Ammoniak enthält, geschieht, weil er dadurch lange zur Benutzung geeignet bleibt.

Auch verschiedene Pumpen sind zu diesem Zwecke schon zusammengestellt worden, hier wollen wir nur iene beschreiben, welche 1878 auf der Pariser Ausstellung zu sehen war.

Schwedoff, der Erfinder, versieht eine Holzwalze mit Eisenstiften, die in einer Spirale angeordnet sind. Unter jedem Stift liegt eine bewegliche Taste, und unter allen Tasten geht ein Kautschukschlauch hindurch. Wird an der Walze gedreht, so pressen die Tasten den Schlauch nach und nach zusammen. Da sich nun derselbe vermöge seiner Federkraft wieder öffnet, entsteht, sobald der Stift die Taste verlässt, eine Saugwirkung, die eine andauernde ist, da eine Taste der andern folgt, und da die letzte sich hebt, wenn wieder die erste niedergedrückt wird, so muss die aufgesaugte Flüssigkeit vorwärts geschoben werden.«

Indem man nun das eine Ende des Schlauches in die Zelle steckt, das andere zu dem Aufbewahrungsgefäss führt, kann eine Füllung oder Entleerung der ersteren in einer Viertelstunde vollführt werden, wenn man etwa 50 Elemente vor sich hat, je nachdem schnell oder langsam gedreht wird.

Muss zu einer bestimmten Zeit die Säule in voller Wirkung sein, so ist es nothwendig, selbe eine oder zwei Stunden vorher zusammenzustellen, früher oder später, je nachdem die Zellen mehr oder minder porös oder gebraucht sind. Enthalten die Zellen noch Säurereste, so genügt oft sogar eine Viertelstunde.

Hat die Säule ihren Dienst geleistet, der meist spät in der Nacht von ihr gefordert wird, so geht man an das sofortige Zerlegen derselben, denn jeder Augenblick bringt eine Abnützung der Säure und der Zinke mit sich. Um mit dieser Arbeit so schnell als möglich fertig zu werden, ist es gleichfalls nothwendig, selbe nach einem gewissen Plane zu vollführen.

Zwei Gefässe vor Allem werden mit reinem Wasser gefüllt, ein grosses für die Zinke, ein kleines für die Klemmen, welche zuerst gelöst und abgenommen werden. Die Zellen kann man sammt den Kohlen herausnehmen, in Gläser stellen, welche ein wenig weiter sind, und in einen Kasten mit einem gut schliessenden Deckel geben, oder es werden die Kohlen herausgenommen, zum Abtropfen in eine Tasse gestellt und die Zellen entleert.

Das beliebte Auswaschen von Zelle und Kohle soll unbedingt unterbleiben und nur stattfinden, wenn gar kein Raum zur Aufbewahrung vorhanden ist und Säuredämpfe vermieden werden müssen.

Einem Trocknen der Zellen ohne Auswaschen ist zu widerrathen, weil die sich bildenden Zinkvitriolkrystalle die Poren erfüllen und so die Zelle mürbe machen würden. Es ist zweckmässig, die Salpetersäure deshalb nicht auszuwaschen, oder besser gesagt, durch Wasser

zu ersetzen, weil dadurch einer Verdünnung der Salpetersäure vorgebeugt wird; es ist auch besser, eine Kohle und Zelle zu haben, deren Poren mit Säure gefüllt sind, weil man dann nicht so lange warten muss, bis die Säule den Höhepunkt ihrer Leistung erreicht.

Hat man die Zellen mit Hilfe der Pumpe, des Hebers oder auch durch Eingiessen in den Trichter entleert, so ist die dringendste Arbeit geleistet, aber auch die unangenehmste, weil sich gerade während derselben die meisten Säuredämpfe entwickeln, deren Einathmung sehr sorgfältig vermieden werden muss.

Die Schwefelsäure aufzubewahren empfiehlt sich nicht; sie kann übrigens ohne Nachtheil die Nacht über in den Gefässen bleiben.

Des andern Tages ist die erste Arbeit das Ausgiessen der Schwefelsäure, das Waschen der Gefässe, Trocknen der Zinke und Klemmen. Das letztere geschieht mit Hilfe von Holzspänen.

## Was über die Säuren zu sagen ist.

Die Salpetersäure kann nochmals gebraucht werden, besonders ohne Nachtheil, wenn man etwas frische Säure zusetzt. Dies kann auch noch ein zweites, ja drittes Mal geschehen. Hat man aber Abnehmer — und manche Geschäfte können diese Säure recht gut gebrauchen — so thut man besser stets frische Säure und zwar $40^0$ B. zu nehmen.

Ein anderes Mittel, die Salpetersäure wieder kräftiger zu machen, besteht darin, dass man ihr unverdünnte englische Schwefelsäure zusetzt. Diese wirkt

wasserentziehend, wodurch die Salpetersäure wieder ihre leichte Zersetzbarkeit erlangt. Man gelangt auf diese Art dazu, die Salpetersäure viel besser ausnützen zu können, denn die Schwefelsäure ist fähig, einer ihr gleichen Raummenge Salpetersäure das Wasser zu entziehen; nur kann wiederum unter gewissen Umständen dadurch eine Steigerung des inneren Widerstandes eintreten, denn die Leitungsfähigkeit der Schwefelsäure ist je nach ihrer Dichte sehr verschieden, und schliesslich ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass ja die Salpetersäure auch verdünnt wird, oder besser gesagt, auf einen Raumtheil Flüssigkeit weniger wirksame Theile kommen.

Leroux, der schon 1853*) diesen Gegenstand untersucht hat, fand, dass man statt Salpetersäure englische Schwefelsäure benutzen könne, der $^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$ Salpetersäure zugesetzt ist.

Schönbein schlug vor, der Salpetersäure $^1/_3$ Theil Schwefelsäure zuzusetzen, und Wigner endlich verwendet ein Gemisch von 2 Theilen Salpetersäure (1·36 spec. Gew.) und 5 Theilen Schwefelsäure (1·45 spec. Gew.). Wird ein 4 bis 5 Stunden dauernder Dienst verlangt, so ist es nothwendig, $3^1/_2$ Theile Salpetersäure anzuwenden. Dieser Vorschlag bezieht sich auf Grove-Elemente und jener Schönbein's auf Eisenelemente; wir glauben aber, dass die angegebenen Vortheile der Mischungen auch Kohlenelementen zugute kommen. Wir werden später noch andere Mischungen kennen lernen, welche jedoch nur zu dem Zwecke hergestellt wurden, die Nitryldämpfe zu beseitigen.

Die verdünnte Schwefelsäure wird bereitet, indem man 8—12 Gewichtstheile englischer Schwefelsäure

*) Niaudet.

mit 100 Theilen Wasser mischt. Weiter unten werden wir angeben, auf welche Art man bequem die Mischung vornehmen kann, ohne Wage und Gewichte zur Hilfe nehmen zu müssen. Wigner gibt an, dass man auf einen Raumtheil Säure 6 Theile Wasser nehmen soll. Man nimmt von der 66° Säure 1 Theil auf 11 Theile Wasser.

Gesetzt wir hätten 60 Elemente mit Säure zu versehen, so giessen wir in ein zusammengesetztes Element Wasser bis zur geeigneten Höhe, nehmen dann Zelle und Zink heraus und machen an dem Glase ein Merkzeichen; gewöhnlich ist das Glas halb voll. Nun giesst man in eine Holzwanne 55 Mal die Wassermenge bis zur Marke und 5 Mal das Gefäss bis eben dahin, mit Schwefelsäure gefüllt. Hierbei ist die Vorsicht zu gebrauchen, die Schwefelsäure langsam und in einem dünnen Strahle ausfliessen zu lassen. Man vertheilt durch Hin- und Herführen des Glases die Schwefelsäure über das ganze Gefäss und rührt dabei mit einem Holz- oder Glasstabe um, was besonders nothwendig ist, wenn man ein Mischgefäss aus Glas benützt; es kann auch, wenn nichts anderes zur Hand ist, eine der amalgamirten Zinkelektroden benützt werden.

Es ist gerade nicht besonders schädlich, die warme Flüssigkeit zu verwenden, besser jedoch ist es, die Flüssigkeit auskühlen und ruhen zu lassen, weil sich Bleisulfat absetzt; auch steigen Dämpfe auf, die unnöthiger Weise die Gefässe mit Feuchtigkeit beschlagen, diese also leitend machen; nicht zu vergessen, dass Glasgefässe zuweilen springen, wenn sie raschen Temperaturänderungen ausgesetzt werden.

Faure-Element. Wir haben schon bei den Zink-Kohlen-Elementen (Seite 55) erwähnt, dass es genügt, den Kohlencylinder mit einer Höhlung zu versehen, in welche man Salpetersäure giessen kann. Hierbei entgeht man der Anwendung einer Zelle gänzlich. Das Element ist aber nicht lange constant, weil der Salpetersäure-Vorrath gering ist. Faure nun hat in gleicher Absicht die Kohlenelektrode hohl, flaschenförmig gestaltet und zwar selbe aus einem Gemenge von Graphit und Thon hergestellt. Der Stöpsel besteht aus paraffinirter Retortenkohle, von ihm aus geht der Poldraht. Später werden wir eine sehr ähnliche Form der Elemente, die Stöhrer schon früher erdacht hat, kennen lernen. Diese Elektrode steht innerhalb eines Zinkcylinders in verdünnter Schwefelsäure, die Flasche selbst enthält concentrirte Salpetersäure, oberhalb welcher man einen kleinen Raum für die Dämpfe frei lässt. Faure behauptet, sein Element hätte ausser dem Umstande, dass es nicht so viele Dämpfe entwickelt, den Vortheil, die Salpetersäure besser auszunützen, auch sei bei ihm die Depolarisation eine bessere, weil der Druck der Gase die Säure in die Poren treibe.

Die elektromotorische Kraft soll $^9/_{10}$ der eines Grove-Elementes sein und ein Element vom Inhalte eines Viertelliters einen Platindraht 10 Stunden lang weissglühend erhalten.

Es ist kaum fraglich, dass die auf diese Weise hergestellten Elektroden minder porös und minder leitungsfähig sind, denn der poröse Theil derselben leitet eben nicht und der leitende Theil ist nicht porös. Dies ist vielleicht der Hauptvorwurf, welchen man gegen

dieses Element erheben kann; wir haben leider nicht Gelegenheit gehabt, selbes selbst zu studiren, und entnehmen nur aus dem Jahrgang 1879 von »La lumière électrique«, pag. 113, dass verschiedene Physiker von den Leistungen der Säule nicht zufrieden gestellt waren.

Tommasi-Säule. Die Beschreibung dieser Elemente bringen wir deshalb, weil sie eine Zeit hindurch der Gegenstand der eifrigsten Anpreisungen waren und die Namen pile universelle, pile domestique, pile perpétuelle, ihnen beigelegt wurden.

Sie bestehen den Grundzügen nach aus denselben Bestandtheilen wie das Bunsen-Element. Aus einer porösen Zelle, welche jedoch in der unteren Hälfte glasirt ist, einem Kohlenstab, der an dem luftdicht schliessenden Deckel in derselben hängt, bis zur Hälfte der Zelle hinabreicht und einen Raum einnimmt, welcher dem vierten Theil der ganzen Zelle gleich kommt. Ihr gegenüber hängt an einem Aluminiumstab, der durch den Deckel geht, ein Halbcylinder aus Porzellan, welcher gleichfalls den vierten Theil des Rauminhaltes der Zelle einnimmt, daher, wenn er gesenkt wird, die bis zum porösen Theil der Zelle reichende Salpetersäure verdrängt, so dass diese in den oberen porösen Theil steigt und die Kohle umspült.

Diese Zelle steht in einem weiteren Gefäss, das mit einem Tubus versehen ist. Gegenüber dem glasirten Theil der porösen Zelle ist das Gefäss eingezogen, in dessen oberem Theil befindet sich an die Wand angekittet ein Zinkcylinder, der eine Rinne zur Aufnahme von Quecksilber besitzt.

Alle äusseren Gefässe stehen, um sie entleeren oder füllen zu können, durch Röhrenleitungen mit einer Kufe in Verbindung. Die Säule in Thätigkeit zu setzen, öffnet man den Hahn, welcher den Zulauf der verdünnten Schwefelsäure absperrt, diese fliesst dann nach und nach durch das erste Gefäss in die folgenden. Sodann senkt man die Porzellanklötze und die Säule ist in Thätigkeit.

Die Vortheile, welche durch diese Anordnung geboten werden, sind unschwer einzusehen. Man kann erstens die Flüssigkeit, in welche die Zinke tauchen, leicht in einen Kreislauf versetzen und erneuern, braucht die Salpetersäure nicht auszuleeren und vermeidet einen grossen Theil der Unannehmlichkeiten, welche das Zerlegen der Säule mit sich bringt.

Die Dämpfe der Untersalpetersäure lassen sich freilich nicht ganz beseitigen, sie werden eben durch den porösen Theil der Zellenwand entweichen, jedenfalls aber ist ihr Auftreten ein minder belästigendes.

Weniger glaubwürdig ist die Versicherung, dass die Säule 10 Tage in Thätigkeit sein kann und nur einer kleinen täglichen Ergänzung der Salpetersäure, die mittelst einer Pipette durch eine Oeffnung im Stöpsel eingefüllt wird, bedarf, was freilich auch kein angenehmes Geschäft ist.

Gleichfalls muss in Betracht gezogen werden, was geschieht, wenn die angekitteten Zinke schon stark aufgebraucht sind, und ob nicht in Höhlungen zwischen denselben und der Wand Säure zurück bleibt. In Anbetracht der ebenerwähnten Uebelstände scheint folgende Abänderung ersonnen zu sein. Die Zinke in Ring-

form hängen in einem Kupferkorb, der zugleich zur Stromableitung dient, und auf die porösen Zellen wird eine Art Füllflasche aufgesetzt, welche ein Gemisch aus salpetersaurem Natrium und Schwefelsäure enthält. Wir dürfen nicht unterlassen anzugeben, dass derlei noch sinnreichere Anordnungen zum bequemen Füllen und Entleeren der Bunsen-Elemente schon vielfach ersonnen sind; besonders hervorheben wollen wir in dieser Beziehung die Säule, welche wir vor Jahren bei Professor Jedlik in Thätigkeit gesehen haben. In der Pariser elektrischen Ausstellung stand eine Tommasi-Säule in Verwendung. Die Elemente bestanden aus geraden Töpfen, die unten beiderseits tubulirt waren; in denselben befand sich eine doppelt so hohe Zelle, welche die Kohle und neben dieser ein poröses Gefäss mit der genannten Mischung enthielt, selbes ruhte auf einem kleinen Sockel, der bis in die Höhe der Zinkringe reichte, die ebenfalls in einem Kupferkorbe lagen, was gerade nicht sehr vortheilhaft sein dürfte. Die poröse Zelle war geschlossen und ragte nur der Hals des Vorrathsgefässes heraus.

Eisen-Element. Die Eigenschaft des Eisens, in concentrirter Salpetersäure einen gewissen Zustand anzunehmen, den man den »passiven« nennt, deshalb so, weil es dann von der Salpetersäure nicht aufgelöst wird, hat schon vor geraumer Zeit Hawkins (Phil. Mag. Bd. XVI, S. 115, 1840), Poggendorff (s. d. Annalen, Bd. LIV, S. 430, 1841), Schönbein (Poggend. Ann., Bd. LVII., S. 36, 1842) bewogen, dieses Metall statt Platin im Grove-Elemente zu benützen.

Schönbein stellte eine Thonzelle, welche verdünnte Schwefelsäure und den Zinkcylinder enthielt, in Gusseisentöpfe, die mit einem Gemisch aus $^1/_3$ Schwefelsäure und $^2/_3$ Salpetersäure gefüllt waren. Welchen Nutzen der Zusatz von Schwefelsäure gewährt, haben wir schon auf Seite 115 besprochen, er ist hier noch besonders deshalb gerechtfertigt, weil ja die Salpetersäure, sobald sie verdünnter wird, das Eisen angreift.

Callan, Professor zu Maynooth in Irland, stellte Versuche mit einer Kette von 577 Elementen an, und erhielt einen Lichtbogen von 125 Mm. Unter seinem Namen sind diese Elemente besonders in Oesterreich verbreitet.

Sie bestehen aus einem Gefäss aus Thon oder Glas, in welchem sich die verdünnte Schwefelsäure und der Zinkcylinder befinden; letzterer nimmt die Thonzelle auf, welche mit Salpetersäure gefüllt ist und die Eisenelektrode enthält. Diese hat einen kreuzförmigen Querschnitt und ist mit einer cylindrischen Verlängerung versehen, die eine Schraube zur Befestigung der Poldrähte trägt.

Die Vortheile, welche diese Elemente bieten, sind folgende:

1. Die Anschaffungskosten sind geringer als jene der Grove- und Bunsen-Elemente.

2. Die Elektrode besitzt den Platin- und Kohlen-Elektroden gegenüber eine grosse Festigkeit.

3. Der Widerstand in der Elektrode ist geringer und die Berührungsstellen können leicht gereinigt werden; es herrscht kein Widerstand an der Befestigungsstelle der Poldrähte.

4. Die Elektroden halten keine Salpetersäure zurück, was sowohl sparsam ist, als auch den lästigen Säuregeruch beseitigt.

Ein Nachtheil ist das grosse Gewicht der Elektroden, in Folge dessen es leicht geschehen kann, dass Zellen zerschlagen werden, und die Aufmerksamkeit, welche man der Säule schenken muss, wenn sie längere Zeit thätig bleibt, damit man ein Element, in welchem das Eisen activ geworden ist, d. h. von der Säure angegriffen wird, schleunigst ausschalten kann; übrigens haben wir diese Gefahr kaum grösser gefunden, als bei einer Säule aus Bunsen-Elementen.

Dieser Fehler ist sehr verringert in Uelsmann's Eisen-Element, welches sich von dem eben beschriebenen dadurch unterscheidet, dass die negative Elektrode aus Siliciumeisen besteht, d. h. aus einem Gusseisen, dem etwas Silicium beigemengt ist.

Wie die nachfolgende Tafel auch zeigt, nehmen die elektromotorischen Kräfte beider Elemente ziemlich gleichförmig ab, bis der Gehalt an Salpetersäure unter 30% sinkt, bei welchem Punkte starke Schwankungen eintreten. 2·5% weiter sinkt die elektromotorische Kraft des Callan-Elementes bei gleichzeitigem Activwerden der Eisenelektrode unter 1 Daniell.

Wir geben im Nachfolgenden eine Zusammenstellung, welche wir der Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre (III. Bd., Nr. 4, S. 78, 1881) entlehnt haben.

Diese Tafel zeigt, dass die Elektricitätsentwicklung nicht geringer ist als bei der gewöhnlichen Eisenelektrode.

| Salpetersäure | | Elektromotorische Kraft Daniell = 1 | | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| Proc. | Specif. Gew. | Siliciumeisen | Gusseisen | |
| 56 | 1·46 | 1·700 | 1·703 | — 0·003 |
| 50 | 1·425 | 1·688 | 1·693 | — 0·005 |
| 40 | 1·365 | 1·670 | 1·673 | — 0·003 |
| 30 | 1·27 | 1·648 | 1·638 | + 0·010 |
| 20 | 1·185 | 1·566 | activ | |
| 17·5 | 1·16 | < 1 | | |
| 15 | 1·135 | 0·784 | | |
| 15 | 1·135 | > 1 | | |
| 15 | 1·10 | 1·545 | | |
| 12·5 | 1·085 | 1·470 | | |
| 10 | 1·085 | < 1 | | |
| 10 | 1·04 | 0·540 | | |
| 5 | | 0·514 | | |

Das Element mit der Siliciumeisen-Elektrode wird, zwar gleichfalls schwächer, doch treten Unregelmässigkeiten erst ein, wenn der Säuregehalt auf 17·5% gesunken ist. Bei 15% sinkt die elektromotorische Kraft auf 0·784 Daniell, steigt bei weitergehender Verdünnung plötzlich auf 1·545, geht aber bei 13·5% auf 1·470 herab.

Eine Gasentwicklung konnte nur bei 17·5% wahrgenommen werden.

Aus dem Allen kann man den Schluss ziehen, dass diese Elektrode eine Mehrausnützung der Säure um 10% gestattet, und ein Ueberlaufen derselben infolge stürmischer Gasentwicklung nicht zu befürchten steht.

Callan-Element. Unter diesem Namen ist ferner auch eine Abänderung des Grove-Elementes bekannt, welche statt Platin nur platinirte Bleielektroden enthält.

Bei dieser Zusammenstellung taucht die negative Elektrode in ein Gemenge von 2 Gewichtstheilen englischer Schwefelsäure, 1 Theil Salpetersäure und 1 Theil gesättigter Salpeterlösung.

Poggendorff hat gefunden, dass der Salpeterzusatz, weil ja nur verdünnend wirkend, überflüssig ist, und dieses Element, wenn es mit einem Gemisch aus 2 Theilen Schwefelsäure und 1 Theil Salpetersäure (Dichte = 1·34) gespeist wird, oder Salpetersäure von derselben Dichte enthält, stärker als ein Grove-Element wirke. (Poggendorff, Bd. LXXIV, S. 495, 1847.)

Arsonval-Elemente. Einer sehr lehrreichen Abhandlung über die galv. Elemente, welche Dr. A. d'Arsonval in »La lumière électrique« veröffentlichte, entnehmen wir folgende Vorschläge, die wir zu berücksichtigen besonders jenen empfehlen, welche sich mit Verbesserungen galv. Elemente befassen. Gewöhnlich wird englische Schwefelsäure verwendet, die zwar möglichst wenig Arsen enthält, wenn sie aus Schwefel bereitet ist, aber den Fehler besitzt, Bleisulfat in das Element einzuführen.

Arsonval hat daran gedacht, die gewöhnliche Schwefelsäure derart zu reinigen, dass selbe verwendet werden kann, und ist dabei auf einen sehr einfachen Kunstgriff gekommen.

Er giesst nämlich 4—5 Kbcm. Brennöl auf einen Liter Schwefelsäure, wodurch sich Glycerin-Schwefelsäure bildet und alle fremden Stoffe (Arsen, Blei etc. etc.) als Seifen gefällt werden.

Dieses Verfahren bietet noch den Vortheil, dass die Zinke sich leichter amalgamiren, das Quecksilber nicht abtropfen lassen und bei offenem Stromkreis gar nicht angegriffen werden.

Während ein amalgamirter Zinkstab in gewöhnlicher Schwefelsäure in 8 Tagen 42 Gramm an Gewicht verloren hatte, zeigte ein anderer in dieser Mischung nur einen Abgang von 1·5 Gramm, während die nicht mit Oel gemischte Säure schon in einer Stunde, trotz sorgfältiger Amalgamirung, 15 Gramm auflöste.

Vortheilhaft ist auch der Ersatz der Schwefelsäure durch verdünnte (1:10) Salzsäure, sowohl weil dieselbe billiger, als auch der Wärmewerth (Chlorverbindung des Zinks) ein grösserer ist (56·4:53), und endlich sich auch das gebildete Salz besser löst und keine Auswitterungen veranlasst.

Im Bunsen-Element wird dann auch nach der Meinung Arsonval's die Salpetersäure besser ausgenützt, weil sich in den Wänden der Zelle Königswasser bildet.

Wöhler-Element (La lumière électrique 1880, p. 464) besteht aus 2 Aluminiumcylindern, von welchen der eine in concentrirter Salpetersäure steht, die in ein poröses Gefäss eingefüllt ist, während der andere in verdünnte Salzsäure oder Natronlauge taucht. Diese, die Lösungselektrode, kann selbstverständlich auch durch Zink ersetzt werden.

Königswasser-Element. In demselben wird eine Mischung aus Salpetersäure und Salzsäure benützt;

da dieselbe durch Chlorabscheidung wirkt, werden wir auch das Element später, wenn wir auf die Depolarisation durch Chlor zu sprechen kommen, beschreiben.

Chlorsäure-Element. Felix Leblanc hat auch ein Element, welches wie das Grove-Element zusammengestellt war, mit dieser kräftigen Säure gespeist, und hat gefunden, dass es selbst mit verdünnter Lösung sehr kräftig wirkt.

Diese Säure ist jedoch zu theuer, um einer allgemeineren Anwendung fähig zu sein; man ist daher genöthigt, selbe beim Gebrauche immer selbst zu bereiten, indem man die Kaliumverbindung derselben durch Schwefelsäure zersetzt, wodurch schwefelsaures Kalium entsteht und Chlorsäure frei wird. Wir werden im Nachfolgenden noch öfters diesem Kunstgriff begegnen.

Bunsen versuchte ein derartiges Element im Jahre 1841, ging aber von dieser Zusammenstellung ab und wieder zu seinem Salpetersäure-Element über, weil die bei der chemischen Zersetzung an der Kohle frei werdenden Basen die Thätigkeit der Kohle und damit die Beständigkeit des Stromes beeinträchtigten.

Auch die bekannten Physiker Salleron und Renoux gaben gleichfalls bald ihre Versuche auf, trotzdem sie durch einen reichlichen Schwefelsäurezusatz bessere Ergebnisse erzielt hatten.

In ihren Berichten machten die Erfinder besonders darauf aufmerksam, dass chlorsaures Kalium im Stande sei, fünfmal so viel Wasserstoff zu binden, als solches das Kupfersulfat zu leisten vermag, was beson-

ders berücksichtigt zu werden verdient, wenn man bedenkt, dass der Preis des letzteren Salzes dreimal höher ist.

Freilich darf man nicht vergessen, dass beim Kupfersulfat-Element das werthvolle reine Kupfer gewonnen wird, während das vorerwähnte Kaliumsulfat einen sehr geringen Preis erzielt.

Die Chlorsäure-Elemente haben keine weitere Verbreitung gefunden und es drängt sich uns die Vermuthung auf, dass die Depolarisation nicht im wünschenswerthen Masse vor sich geht, weil doch die Chlorsäure ziemlich verdünnt ist und in diesem Zustande ihre Zersetzlichkeit, die sonst sehr gross ist, abnimmt. Es würde sich wohl der Mühe lohnen, hierüber eingehende Versuche anzustellen.

## Elemente mit Chromsäure.

Chromsäure-Element. Von der Chromsäure gilt dasselbe, was wir bei der Chlorsäure gesagt haben. Sie ist eine heftig oxydirende Säure und daher gewiss geeignet, den abgeschiedenen Wasserstoff zu verzehren.

Zur Bereitung dieser Säure wird das Kaliumbichromat (doppeltchromsaures Kalium) benützt, welches man durch concentrirte Schwefelsäure zersetzt; es entsteht dabei auch saures schwefelsaures Kalium, das in Lösung bleibt.

$$K_2\,Cr_2\,O_7 + 2\,H_2\,SO_4 = 2\,Cr\,O_3 + 2\,HKS\,O_4$$

Wird diese Mischung von Chromsäure und saurem schwefelsauren Kalium mit Schwefelsäure erhitzt, so entweicht Sauerstoff und es bildet sich Chromalaun.

$$2\,Cr\,O_3 + 2\,HKS\,O_4 + 2\,S\,O_4\,H_2 = (Cr_2\,S_3\,O_{12} + K_2\,S\,O_4) + 4\,H_2\,O + O_2$$

Dieser Vorgang ist es, der wahrscheinlich im Elemente eingeleitet wird, sobald der galvanische Strom kreist; ebenso gut lässt sich aber denken, dass der Wasserstoff die Chromsäure unter diesen Umständen ihres Wasserstoffes beraubt, und es zu gar keiner Sauerstoffentwicklung kommt.

$$Cr\,O_3 + Cr\,O_3 + H_6 + 2\,HKS\,O_4 + 2\,H_2\,S\,O_4 = (Cr_2\,S_3\,O_{12} + K_2\,S\,O_4) + 6\,H_2\,O$$

Würde man die Chromsäure und das Zink ins Auge fassen, so wäre der Process wie folgt:

$$3\,Zn + H_2\,S\,O_4 + H_2\,S\,O_4 + H_2\,S\,O_4 + Cr\,O_3 + Cr\,O_3 = 3\,ZnS\,O_4 + 3\,H_2\,O + Cr_2\,O_3,$$

welches sich in der vorhandenen Schwefelsäure löst.

Wenn wir alle Vorgänge sogleich zur Schlussgleichung zusammenziehen, so haben wir:

$$K_2\,Cr_2\,O_7 + 4\,H_2\,S\,O_4 + H_6 = (Cr_2\,S_3\,O_{12} + K_2\,SO_4) + 7\,H_2\,O.$$

Wir sehen also, dass einem Bichromat 4 Schwefelsäure entsprechen müssen, wenn sich der Vorgang glatt abspielen soll.

Das Molekulargewicht dieses Salzes ist:

$$K_2 = 78;\ Cr_2 = 107,\ O_7 = 112,$$

zusammen also 297.

Für die Schwefelsäure haben wir:

$$S = 32,\ O_4 = 64,\ H_2 = 2,$$

also zusammen 98.

4 Moleküle haben also $98 \times 4 = 392$.

Es ergiebt sich somit das Verhältniss von 297 : 392 oder abgerundet wie $300 : 400 = 3 : 4$.

Natürlich muss man im Auge behalten, dass ja nicht Schwefelsäuremonohydrat angewendet werden kann, für welche Verbindung diese Zahlen gelten, sondern die käufliche englische Schwefelsäure.

Poggendorff hat schon im Jahre 1842 dieses Verhältniss angegeben.

| | | |
|---|---|---|
| Kaliumbichromat . . . . | 3 | Theile |
| Schwefelsäure . . . . . | 4 | » |
| Wasser . . . . . | 18 | » |

Aus dem oben angegebenen Grunde kann aber diese Mischung nicht genügen, und ist jene vorzuziehen, welche Wöhler und Buff vorgeschlagen haben:

| | | |
|---|---|---|
| Doppeltchroms. Kalium . . | 12 | Theile |
| Schwefelsäure . . . . . | 25 | » |
| Wasser . . . . . | 100 | » |

Das mit dieser Flüssigkeit gespeiste Element hat eine elektromotorische Kraft von 2·028 Volta-Einheiten (Clark und Sabine), also die doppelte eines Daniell-Elementes.

Warrington, der einer der ersten war, welche die Chromsäure anwendeten, benützte Platinplatten; füllte also einfach das Grove-Element mit der besprochenen Mischung.

Bunsen, Leeson und Poggendorff benützten das Zinkkohlen-Element, das wir jetzt besprechen wollen.

Eingehende Versuche haben gezeigt, dass die beträchtliche Stromstärke, welche dieses Element besitzt, nach kurzer Thätigkeit nicht unbedeutend abnimmt.

Nach den sorgfältigen Untersuchungen, welche Dehms in dieser Beziehung anstellte, trägt nicht so sehr eine Abnahme der elektromotorischen Kraft, als

vielmehr eine Steigerung des inneren Widerstandes Schuld an diesem Fehler, den man aber selbst für den Telegraphendienst unmerkbar machen kann, wenn man Elemente mit einem grossen Säurevorrath anwendet, als auch jenen Vorgang einhält, welchen wir bei den Salzelementen beschrieben haben, nämlich die Säule nach und nach zu erneuern.

Telegraphen-Elemente in Deutschland. Diese besitzen eine 16 Cm. hohe, hohle Kohle, mit einem äusseren Durchmesser von 85 Mm., die in 3 verschiedenen Höhen 9 Löcher besitzt, um der Chromsäure zu dem inneren Hohlraum, in welchem die poröse Zelle mit dem Zink steht, freien Zutritt zu gestatten.

Der Poldraht ist an einem Kupferband befestigt, welches um den oberen paraffinirten Theil gelegt und mit einer Schraube zusammengezogen wird; ein zwischengelegtes Zinnblatt bewirkt eine innige Berührung.

Die gut amalgamirte Zinkelektrode hat einen kreuzförmigen Querschnitt, wird durch Guss hergestellt und steht in verdünnter Schwefelsäure (1 : 20).

Die Chromsäure wird nach den Angaben von Buff bereitet, nur sind die Zahlen mehr abgerundet. Es kommen so auf 1 Kaliumbichromat 2 Theile Schwefelsäure und 8 Theile Wasser.

Die besprochene Anordnung der Elektroden bietet den Vortheil, dass die negative Elektrode möglichst gross ist und auch eine grössere Menge depolarisirender Flüssigkeit eingefüllt werden kann.

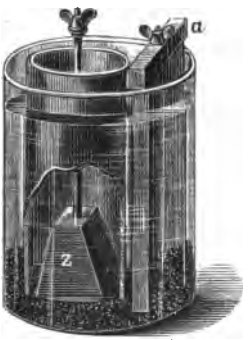
Telegraphen-Elemente in England (Fuller-Element). Dieses Element (Fig. 31), von welchem etwa

20.000 in Gebrauch sein dürften, ist seit dem Jahre 1871 eingeführt und besteht aus einer Zinkelektrode und einer Kohlenplatte.

Die erstere bildet einen massiven Klotz, von dem ein amalgamirter Poldraht ausgeht; sie steht in einer Thonzelle, deren Boden mit etwa 30 Grm. Quecksilber bedeckt ist, wodurch eine gute Amalgamirung gesichert erscheint.

Die Kohlenelektrode ist 15 Cm. lang und 5 Cm. breit, hat einen Metallkopf und einen angeschraubten Knopf, der zur Befestigung der von den Zinken kommenden Poldrähte dient.

Fig. 31.




Um einen Begriff von der Anwendung dieser Elemente zu geben, folgen wir den Angaben Spagnoletti's (Niaudet).

64 Elemente versehen den Dienst, und zwar Tag und Nacht (Station Paddington), welchen 11 Linien erfordern, deren Längen von 42 bis 248 Meilen wechseln. Nach den angestellten Beobachtungen erforderte die Säule trotzdem im ganzen Jahre 1878 nur 10 Mal einen Schwefelsäurezusatz, 5 Mal einen solchen von Bichromat; Ende December wurde sie zerlegt, das Zink erneuert und Alles gereinigt.

Der Aufwand an Mühe ist, wie daraus hervorgeht, gering, die Aufmerksamkeit auf wenige Punkte zu richten, ja eine solche in den ersten 3—4 Monaten nicht erforderlich.

Das Element verträgt im Gegensatze zum Leclanché-Element einen sehr angestrengten Dienst, den es zur Zufriedenheit leistet; nur müssen die Zinke sorgfältig amalgamirt sein, damit ein unnützer Verbrauch ausgeschlossen ist.

Kleine Stationen werden sich freilich vortheilhafter des Leclanché-Elementes bedienen, welches während der Ruhezeit gar nichts verzehrt.

Es ist nämlich nachgewiesen, dass sich die depolarisirende Flüssigkeit auch ohne Inanspruchnahme zersetzt.

Der Widerstand ist geringer als der eines Daniell-Elementes.

### Säulen für elektrisches Licht.

Die bedeutende Stromstärke der Chromsäure-Elemente hat dieselben geeignet erscheinen lassen zur Erzeugung des elektrischen Lichtes.

Wird in einem gewöhnlichen Bunsen-Elemente die Salpetersäure durch Chromsäure ersetzt, so erhält man anfangs einen kräftigen Strom, aber bald nimmt derselbe bedeutend ab, was in einer baldigen Erschöpfung der Flüssigkeit, besonders in der Nähe der Kohle, seine Ursache hat.

Wählt man die Zelle recht gross und füllt den Raum zwischen deren Wand und der Kohle mit Kohlenstücken aus, so erhält man ein besseres Ergebniss, das aber noch lange nicht zufriedenstellen kann, weil nach etwa 2 Stunden die Stromabnahme sehr merklich wird; dies wird vermieden in

Camacho's Element. Die aufgebrauchte Flüssigkeit aus der Nähe der Kohle zu entfernen und so die Polarisation gänzlich zu beseitigen, wendete Camacho dem Beispiele Chutaux's folgend, den Kunstgriff an, aus einem höher gestellten Gefässe Säure nachfliessen zu lassen.

Er stellte daher seine Säule staffelförmig auf, so dass aus dem Gefässe die Säure tropfenweise in das zu höchst gestellte Element, aus diesem in das nächst niedere u. s. f. laufen konnte. Zu diesem Behufe war die poröse Zelle, welche den von Kohlenstücken umgebenen Kohlenstab enthielt, am Boden durchbohrt und ging ein Kautschukschlauch von hier aus heberartig in die Zelle des nächsten Elementes.

Da diese Zusammenstellung mancherlei Nachtheile hat, wie den, dass die beiden Zinkplatten auf der abgewendeten Seite auch angegriffen werden und ihre Oberfläche gegen die des Kohlenstabes unverhältnissmässig gross ist und die Ableitung von dem Kohlenklein auf diese Weise unvollkommen geschieht, endlich der Kautschukschlauch heberartig wirken muss, was viele Umständlichkeiten mit sich bringt, abgesehen davon, dass er in der verdünnten Schwefelsäure liegt, haben wir das Element auf folgende Weise, wie wir glauben, zweckmässiger zusammengestellt.

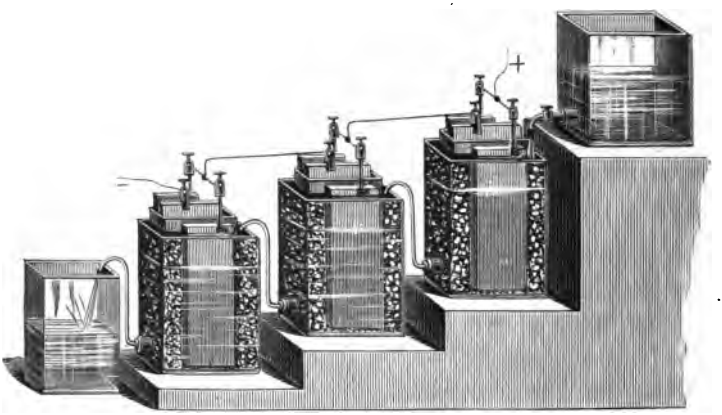
In ein unten tubulirtes Gefäss (Fig. 32) wird eine Thonzelle, welche zur Aufnahme der Zinkplatte bestimmt ist, gestellt.

Längs den Wänden stehen 2 Kohlenplatten und der Zwischenraum ist mit Kohlenklein ausgefüllt.

Von dem Tubus geht ein Rohr zu dem nächsten Elemente, ein Glas- oder Ebonithahn gestattet, den Zu- und Abfluss nach Belieben stärker oder schwächer zu machen.

12 Elemente dieser Art, deren Zinke 15 Cm. breit und 20 Cm. hoch sind, halten einen 60 Cm. langen, 1 Mm. starken Platindraht stundenlang in Weissgluth.

Fig. 32.




Dem Salpetersäure-Element gegenüber haben diese Elemente folgende Vortheile:

1. Die Säule erzeugt, wenn die Zinke gut amalgamirt sind, keinerlei Ausdünstungen.

2. Kann sie an 20 Stunden ohne merkbare Schwächung in Thätigkeit bleiben.

3. Sind die Ausgaben für den Betrieb kleiner.

4. Ist bei dieser Gestalt der Elemente der Widerstand geringer als bei den Bunsen-Elementen.

Zu beachten bleibt aber, dass es nothwendig ist, nach Gebrauch der Säule das Chromsäure-Zulaufgefäss durch ein solches, das Wasser enthält, zu ersetzen, wodurch sich ein vollkommenes Auswaschen der Kohlen erzielen lässt, was auch nothwendig ist, weil sonst die Poren mit Chromalaun verlegt werden.

Die Schwefelsäure wird entweder durch Ausgiessen, durch eine kleine Pumpe oder auch einfach, da sie ohnehin nichts taugt, dadurch entfernt, dass man das Wasser zuerst in die Zellen laufen lässt.

Es ist nicht räthlich, mehr als 4 Elemente untereinander zu stellen; dieselbe Flüssigkeit kann aber bis zur Erschöpfung durchgetrieben werden. Jedoch muss man Sorge dafür tragen, dass sie, je mehr sie erschöpft wird, desto schneller kreist. Vor Schluss sperrt man das Zulaufgefäss ab und lässt die Säule ohne Benützung desselben arbeiten, wodurch die Chromsäure vollständig, freilich unter beständiger Stromabnahme, ausgenützt wird.

Cloris Baudet-Element. Seit etwa 3 Jahren macht eine Chromsäure-Batterie sehr viel von sich sprechen, die eigens zur Erzeugung von elektrischem Licht zusammengestellt wurde.

Statt durch Zu- und Abfluss die Flüssigkeit um die Elektroden immer zur Aufzehrung des Wasserstoffes fähig zu erhalten, also die Flüssigkeit zu erneuern, wendet Cloris Baudet gewissermassen die Neuerzeugung im Elemente selbst an. Zur Erreichung dieser Absicht stehen ausser der Zelle mit verdünnter Schwefelsäure (auch Natriumbisulfat oder gleiche Theile von

Kochsalz, Essig und Wasser), welche die Mitte des ziemlich grossen Gefässes einnimmt, noch 2 andere, von welchen das eine englische Schwefelsäure, das andere die Krystalle des Kaliumbichromates enthält. Das Gefäss selbst ist mit der bekannten Flüssigkeit angefüllt und enthält noch 2 Kohlen.

Der innere Widerstand des Elementes soll nur 0·22 Ohm, die elektromotorische Kraft 2 Volts betragen, was freilich eine bedeutende Stromstärke ergiebt.

Es ist unzweifelhaft, dass diese Elemente eine Zeit hindurch einen gleichförmigeren Strom liefern können, nur folgendes ist bedenklich, wenn man einen fortgesetzten Gebrauch im Auge hat. Wer mit Chromsäurebatterien und den gewöhnlichen Flüssigkeiten längere Zeit gearbeitet hat, wird immer gefunden haben, dass sich die Kohle verschlechtert, weil Chromalaunkrystalle die Poren derselben verschliessen, wodurch ihre Oberfläche bedeutend vermindert wird, abgesehen davon, dass sich solche Krystalle selbst an derselben absetzen. Wenn dies bei den verhältnissmässig verdünnten Flüssigkeiten geschieht, was muss dann erfolgen, wenn die Flüssigkeit, wie es im Cloris-Baudet-Elemente geschieht, immer gesättigt bleibt?

In kurzer Zeit wird eine Ausscheidung der Krystalle beginnen, die viel rascher fortschreitet als in anderen Chromsäure-Elementen, weil bei diesen durch die Ausscheidung der Krystalle die Flüssigkeit ihren Sättigungsgrad vermindert, während bei den eben besprochenen für eine Ergänzung gesorgt ist.

Ferner bleiben die Chromsäure-Elemente anderer Zusammenstellung nie so lange in Thätigkeit, die

Abscheidung kann also nie in solch' ausgedehntem Masse stattfinden.

Hier im Anschlusse wollen wir noch den Vorschlag erwähnen, welchen Slater (La lumière électrique, 1880, p. 55) gemacht hat, der dahin abzielt, das Chromsäure-Element zur Erzeugung verwerthbarer Stoffe zu benützen. Im Slater-Element ist das Zink durch eine Nickelelektrode ersetzt, die während der Thätigkeit des Elementes sich auflöst und dann das so gut verwerthbare Nickelsulfat liefert.

So einfach sich die Sache dem ersten Anblick auch macht, giebt sich dieselbe jedoch nicht, wenn man an die praktische Ausführung geht, denn dann beginnt die Diffusion störend einzuwirken und man bekommt unreine, für den Galvaniseur unbrauchbare Salze.

Damit die Depolarisation vollkommen stattfindet und brauchbares Salz erhalten wird, muss dafür gesorgt werden, dass die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt werden kann, zu welchem Zwecke Slater die inneren und ebenso die äusseren Gefässe mit einander und mit einer Pumpe in Verbindung bringt, die von einem elektromagnetischen Motor getrieben wird.

Der Erfinder nimmt an, dass ihm der Strom sehr billig zu stehen kommt, weil das Nickelsalz pr. Pfund mit $3^1/_2$ Schilling bezahlt wird, während das Metall selbst nur 4 Schilling kostet, denkt aber gar nicht, dass jenes Nickelsulfat verloren geht, welches in Folge elektrischer Diffusion zur negativen Elektrode wandert.

Statt verdünnter Schwefelsäure wird auch Salzwasser benützt, was zur Bildung eines Doppelsalzes

Anlass giebt, das auch zum Vernickeln Verwendung finden kann; das Gleiche gilt von dem Gebrauche des Ammoniumsulfates.

Die elektromotorische Kraft soll bei Benützung verdünnter Schwefelsäure die eines Bunsen-Elementes sein; wir glauben, dass dieselbe aber wohl geringer sein wird.

### Chromsäure-Elemente ohne Zelle.

Die Behandlung der Elemente zu vereinfachen und den inneren Widerstand zu verringern, schritt man bald dazu, die poröse Zelle wegzulassen, so dass das Chromsäure-Element ein einfaches Zink-Kohlen-Element wird, in welchem die Schwefelsäure durch die Chromsäure ersetzt wird.

Es wäre aber nicht richtig gewesen, dieses Element an jener Stelle zu besprechen, an welcher wir die Versuche über den Vertausch von Säuren, der sich bewerkstelligen lässt, besprochen haben, weil die chemischen Vorgänge in diesem Elemente wesentlich andere sind, da hier nicht blos eine Stromerregung durch das Auflösen der Zinkelektrode, sondern auch eine solche durch Verbrennen des dabei abgeschiedenen Wasserstoffgases stattfindet. Die Elektricitätsspannung, welche durch beide Vorgänge erzeugt wird, verstärkt die elektromotorische Kraft des Elementes, welches ja thatsächlich doppelt so stark (elektrom. Kraft) als das einfache Zink-Kohlen-Element ist, dessen Flüssigkeit keine Luft enthält.

Da die Schwefelsäure, welche die Mischung enthält, auch zur Auflösung der positiven Elektrode be-

nützt wird, muss dieselbe davon mehr enthalten; wie viel, das wollen wir im Nachfolgenden näher besprechen.

$$K_2\,Cr_2\,O_7 + 6\,S\,O_4\,H_2 + Zn = Cr_2\,S_2\,O_9 + K_2\,S\,O_4 + 6\,H_2\,O + 3\,Zn\,S\,O_4$$

(unter diesen Umständen entsteht das grüne Salz) oder

$$K_2\,Cr_2\,O_7 + 7\,S\,O_4\,H_2 + 3\,Zn = Cr_2\,S_3\,O_{12} + K_2\,S\,O_4 + 7\,H_2\,O + 3\,Zn\,S\,O_4$$

(bei diesem Mischungsverhältniss entsteht der Chromalaun).

Das Molekulargewicht des Kaliumbichromat ist 297, das von 6 Molekülen Schwefelsäure $98 \times 6 = 588$, was dem von Buff angegebenen Verhältnisse entspricht.

Zur Bildung des Chromalauns sind 7 Moleküle Schwefelsäure erforderlich. Da $98 \times 7 = 686$, so hat man dann das Verhältniss 297 : 686.

Von einzelnen Physikern wird der Zusatz einer noch grösseren Menge Schwefelsäure vorgeschlagen, was wohl begründet ist; denn, da die Zinke alle immer sehr gut amalgamirt sein müssen, so wird man mindestens jenen Schwefelsäurezusatz wählen, bei welchem die grösste Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit erreicht wird.

Byrne überschreitet sogar noch diesen Punkt, indem er angiebt, man soll auf 1 Liter Wasser 370 Grm. Schwefelsäure und 130 Grm. Kaliumbichromat nehmen. Eine der handlichsten Formen des Chromsäure-Elementes ist jene des

Flaschen- oder Grenet-Elementes. Wie der Name schon andeutet, besteht das Gefäss, welches die Elektroden und die Flüssigkeit enthält, aus einer Flasche (Fig. 33), der man meist einen kugelförmigen Bauch giebt.

Die Elektroden selbst sind an dem Ebonitdeckel des Gefässes befestigt und zwar die Kohlen mit Hilfe ihrer Fassungen ein für allemal angeschraubt. Die zwischen denselben befindliche Zinkplatte wird dadurch verschiebbar eingerichtet, dass sie an einem Messingdraht befestigt ist, der durch eine Schraube in allen gewünschten Stellungen festgehalten werden kann.

Fig. 33.

Ein Kautschukring oder Hartgummiklötzchen verhindern eine Berührung der Zinkelektrode mit den Kohlenelektroden.

Um die Flüssigkeit in der Nähe der Kohle zu erneuern, was schwer selbstthätig geschieht, weil die Elektroden einander möglichst genähert sind, kann durch ein in der Mitte der inneren Seite der Kohlenplatten zwischen diesen endendes Bleirohr Luft eingeblasen werden.

Diese Vorrichtung ist bei den neueren Elementen fortgelassen, denn ein Bewegen der Zinkelektrode bringt denselben Erfolg hervor.

Der Strom, welchen dieses Element erzeugt, ist nur kurze Zeit beständig, es genügt also nur dann, wenn für kurze Zeit starke Ströme gefordert werden, was meist bei Vorlesungs-Versuchen, Glühen von Drähten etc. etc. der Fall ist. Dieses Element bietet den Vortheil, dass der Zinkverbrauch durch Herausheben der Zinkelektrode (was freilich nicht vergessen werden darf) möglichst beschränkt ist und es der grossen

Menge der Flüssigkeit wegen, welche es enthält, wenig Bedienung braucht.

Zuweilen wendet man auch derlei Elemente an, welche zwei Zinkplatten und drei Kohlenplatten enthalten, die auf grosse Oberfläche verbunden sind. Man kann auf diese Weise starke Glühwirkungen erzielen.

Die Kohlen sind entweder eingegossen oder mit Kupferfassungen versehen und durch Schrauben befestigt.

Paraffin, mit welchem die Poren verschlossen sind, hindert ein Aufsteigen der Säure. Diese Elemente besitzen aber einen Hauptfehler, welcher darin besteht, dass die Kohlen beständig in die Flüssigkeit tauchen, was nothwendig mit sich bringt, dass ein Ansetzen von Alaunkrystallen während der Ruhezeit befördert wird, ja sogar eine Zersetzung der Chromsäure ohne Nutzleistung stattfindet.

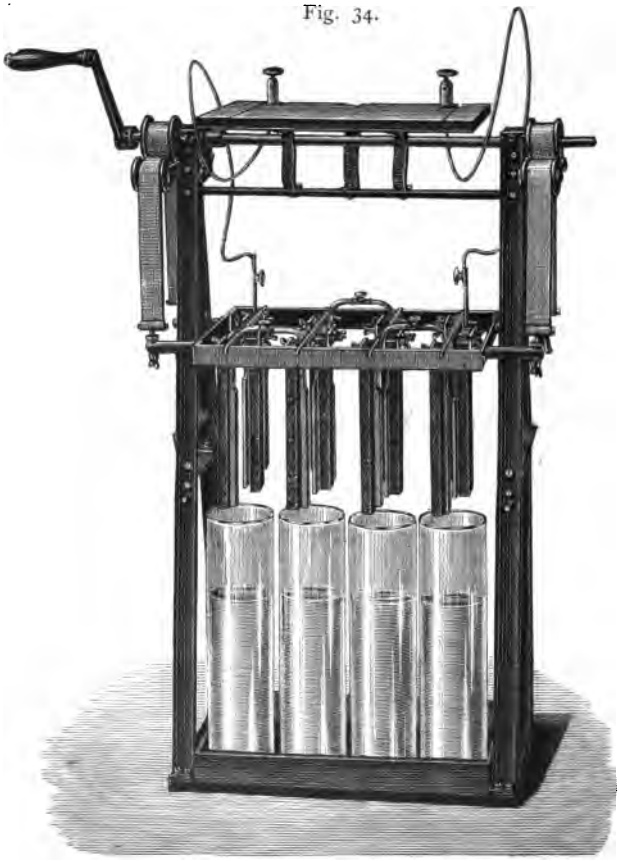
Wenn man mehrere solche Elemente zu einer Kette vereinigen will, hat man auch des Heraushebens der Zinke wegen mancherlei Schwierigkeiten, welche glücklich behoben sind in der

Chromsäure-Batterie nach Bunsen. Dieser berühmte Chemiker, dessen wir in diesem Buche schon mehrmals gedacht haben, hat der Chromsäure-Batterie (Fig. 34) folgende Anordnung gegeben:

In einem Metallrahmen sind Holz- oder Hartgummistreifen eingefügt, welche abwechselnd auf derselben Seite Zink- und Kohlen-Elektroden tragen, von denen zwei benachbarte durch Anpressen an Polstreifen verbunden sind. (Fig. 34, 35.)

Die Schraubenbolzen, welche die Verbindung bewerkstelligen, werden durch Hartgummi von den Polstreifen der Zinke isolirt.

Fig. 34.



Die Gläser sind sehr hoch und cylindrisch, die Elektroden sehr langgestreckt, was gestattet, durch

tieferes Einsenken die verschiedensten Stromstärken zu erhalten.

Die elektromotorische Kraft übertrifft jene von 2·3 Daniell, ist aber nicht constant, weshalb die Strom-

Fig. 35.

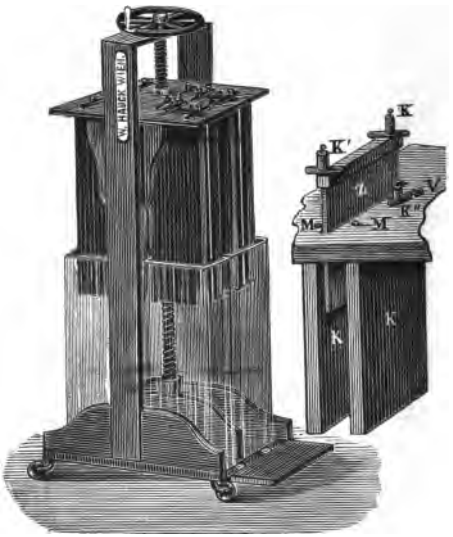
stärke bald sinkt; ein tieferes Einsenken der Elektroden oder Auf- und Abbewegen derselben gestattet diesen Uebelstand zu beseitigen.

Wie aus der Abbildung zu ersehen, ist zu diesem Behufe die Rahme an Bändern aufgehängt, welche sich auf Rollen aufwinden, die an einer gemeinsamen Axe stecken. Diese trägt auch ein Sperrrad, das die Welle festzustellen gestattet.

Die Flüssigkeit, mit welcher diese Elemente gespeist werden, wird aus 1 Gewichtstheil Kaliumbichromat, 2 Theilen Schwefelsäure und 12 Ge-

wichtstheilen Wasser hergestellt; es ist dies eine Zusammensetzung, welche Bunsen nach vielen Versuchen, die er mit der Flüssigkeit nach Warrington angestellt hat, empfiehlt; sie bietet den Vortheil, keinen Chromalaun, sondern ein grünes faseriges Krystallgemisch abzuscheiden, das aus Kalium-, Chrom- und

Fig. 36.




Zinksulfat besteht. Die Gefässe halten 2 Liter Flüssigkeit, auf welche kommen:

77·5 gr. Kaliumbichromat,

78·5 *Kbcm.* Schwefelsäure,

750 *Kbcm.* Wasser.

Um die Zinke zu amalgamiren, worauf sorgfältig gesehen werden muss, schiebt man ein Cylinderglas, welches Quecksilber enthält, über die Zinke.

Chrombatterie nach Hauck. Trotz der sehr sinnreichen Einrichtung, welche die eben beschriebene Batterie aufzuweisen hat, besitzt dieselbe auch einige Mängel, welche in der nachfolgend beschriebenen Zusammenstellung (Fig. 35) behoben sein dürften, worauf wir in der Beschreibung Gelegenheit haben werden einzugehen.

Vor Allem haben wir, um Raum zu sparen und doch möglichst viel Flüssigkeit zur Verfügung zu haben, länglich viereckige Gläser gewählt und selbe in ein mit Fächern versehenes Bodenbrett gestellt, von welchem aus zwei oben durch einen Querbalken verbundene Säulen gehen.

Ein Metalllager im Bodenbrette, eine Büchse in dem Querbalken dienen einer schnellsteigenden Eisenschraube zur Lagerung und Führung, welche Schraube bestimmt ist, mit Hilfe eines Kurbelrades ein viereckiges Brett zu heben, in dessen Mitte die Schraubenmutter befestigt ist.

An dem Brette, welches seitliche Führungen besitzt, sind die Elektroden der Elemente angeschraubt, und zwar die beiden Kohlen durch zwei Klemmen und die zwischen denselben befindliche Zinkplatte gleichfalls durch zwei Klemmen, wodurch man leicht in der Lage ist, alle Verbindungen auf Spannung oder Quantität herzustellen.

Um die Zinkplatten, die an Holzklötzchen angeschraubt sind, welche in Schlitze des Brettes passen, in lothrechter Stellung zu halten und vor einer Berührung mit der negativen Elektrode zu schützen, sind den Klemmen Metallplättchen untergelegt.

Die Figur 36 zeigt deutlich, wie das Ganze angeordnet ist.

Die Kohlen werden gemeinsam mit einem Zinkkopfe versehen und zugleich zwei Stifte eingegossen, welche zur Befestigung durch die Klemmen dienen. Ebensolche Stifte sind in die starken Zinkplatten eingeschraubt.

Je nachdem die Batterie für kurz andauernde Glühwirkungen oder zur Erzeugung von elektrischem Lichte bestimmt ist, stehen grosse Kohlenplatten einander sehr nahe oder sind kleinere, weit auseinander gerückte in Anwendung.

Batterie für elektrisches Licht. Das Auseinanderrücken der Kohlen bezweckt, dass der Erneuerung der Flüssigkeit um die Kohlenplatten herum kein Hinderniss bereitet wird. Damit die Kohlenoberfläche recht überwiegt, wird die Zinkplatte nur halb so breit als die Kohlenplatte gemacht, so dass die einander zugekehrten Flächen der Kohlen-Elektroden jene der Zinke um das doppelte übertreffen.

Die Kohlen werden so weit auseinander gerückt, als sie breit sind; Kupferstreifen bewerkstelligen dann die Verbindung zweier zusammengehöriger Kohlen.

Zwei Batterien mit 24 Elementen, deren Kohlen 4 Cm. breit und 18 Cm. lang sind, geben ein elektrisches Licht, welches für alle Vorlesungsversuche ausreicht und 10 Minuten lang ziemlich gleich stark bleibt; nach dieser Frist muss man durch Drehen an der Kurbel (also Bewegen der Elektroden) nachhelfen.

Das Amalgamiren der Zinke recht bequem bewerkstelligen zu können, sind immer je 4 an einer

Holzleiste befestigt, können also zusammen herausgenommen und eingesetzt werden, nachdem die Verbindungsdrähte oder Streifen gelöst sind.

Statt die Kohlen einzugiessen, kann man auch Kupferbügel anwenden, die angelöthet und dann genietet werden; durchaus verwerflich ist es jedoch, an derlei Elementen blos schmale Klemmen zu befestigen. da diese, wenn man nicht einem unnützen Widerstand Vorschub leisten will, erfordern, dass man sie nach jedesmaligem Gebrauch abnimmt und reinigt.

Wenn auch, wie wir an anderer Stelle dieses Buches angegeben haben, durch Paraffin die Poren geschlossen sind, so bringt doch die Gasentwicklung so viel mitgerissene Schwefelsäure und Salzlösungen zu den Klemmen hinauf, dass die schmale Berührungsstelle bald oxydirt wird, ja bei fortgesetztem Gebrauche sich eine solche Kruste bildet, dass selbst das Zerlegen mit Schwierigkeit verknüpft ist, wodurch man des vorangeführten Vorzuges dieser Verbindungsart, des leichten Reinigens der Berührungsstellen, verlustig wird.

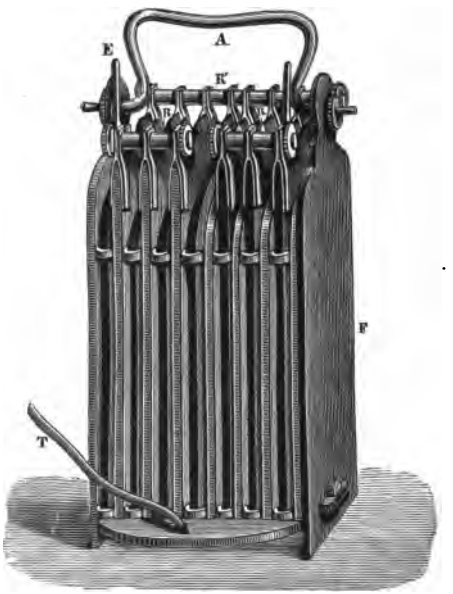
Eben um die Klemmen und Verbindungsdrähte vor diesem Uebelstande zu beschützen, rathen wir an, die Elektroden an der Unterseite eines Brettes zu befestigen; es gereicht dies auch Jenem, der mit der Säule arbeitet, zum Vortheil, weil er vor dem oft sehr lästigen Säuredampf geschützt ist. Nicht frei von dem eben gerügten Uebelstande ist die

Trouvé-Säule. Dieser bekannte Elektriker stellt abwechselnd grosse Kohlen- und Zinkplatten (Fig. 37)

in einen Hartgummirahmen, so dass eine der anderen möglichst nahe kommt.

Je drei gleichartige Elektroden werden zu einer Oberfläche verbunden, wodurch sich 2 sehr grossplattige Elemente ergeben.

Fig. 37.




Die Isolirung der Zink- von der Kohlenplatte besorgen 2 auf der letzteren aufgeschobene Gummibänder, die Verbindung 3 Metallstäbe, die mit Klemmen versehen sind, welche auf die Elektroden aufgeschoben werden; der eine, rückwärtige Metallstab $K'$ verbindet 3 Kohlen- mit 3 Zinkplatten, der vordere links 3 Zink-

platten, jener rechts 3 Kohlenplatten; von ihnen gehen die Poldrähte aus.

Die Rahme besteht aus 2 lothrechten Platten, die am obern Ende durch eine Handhabe, unten aber durch ein Querstück verbunden sind.

Die beiden Elemente werden in ein Gefäss getaucht, was Stromverluste zur Folge haben muss.

Die Kraft des Stromes, welche zu Beginn ausserordentlich gross ist, nimmt rasch ab. Trouvé hat sich dadurch zu helfen gesucht, dass er, wie Grenet, ein Rohr *T* einführte, durch welches Luft zugeblasen werden kann, damit die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt wird.

Aus dem eben Angeführten und früher Gesagten geht hervor, dass grosse, nahe nebeneinander stehende Platten einer Strombeständigkeit sehr abträglich sind.

Die Klemmen gestatten, die Säule leicht auseinander zu nehmen und die Elektroden zu reinigen; sie sind aber sonst der Stromabführung sehr schädlich, weil die Berührungsfläche im Verhältniss zur Plattengrösse zu klein ist.

Sie müssen peinlich sorgfältig gereinigt werden, umsomehr, da sie der Einwirkung der Säuredämpfe ausgesetzt sind.

Stöhrer's Batterie, welche sonst mit der eben beschriebenen viele Aehnlichkeit besitzt, hat eine Vorrichtung zum bequemen Heben und Senken der Elektroden, auch sind eigene Metallhütchen ein für allemal aufgesetzt und die Verbindung geschieht durch Drähte.

Die Kohlenoberfläche ist dadurch vollständiger ausgenützt, dass auch nach aussen Zinkplatten beigefügt sind. Freilich ist dann wieder eine der Zinkplatten nur halb benützt und einem zwecklosen Angriff durch die Säure ausgesetzt.

Die Zinkplatten sind schmäler als die Kohlenplatten, was, wie wir schon oft angegeben haben, vortheilhaft genannt werden muss.

Die Elektroden, welche von Metallstäben getragen werden, die mit Ebonit überzogen sind, tauchen in 2 getrennte Gefässe, Ebonitringe sichern den richtigen Abstand der Elektroden unter einander.

Die Metallstäbe sind an einem Prisma aus Holz befestigt, das mit Hilfe einer Schraube durch Drehen am Handgriff gehoben und gesenkt werden kann.

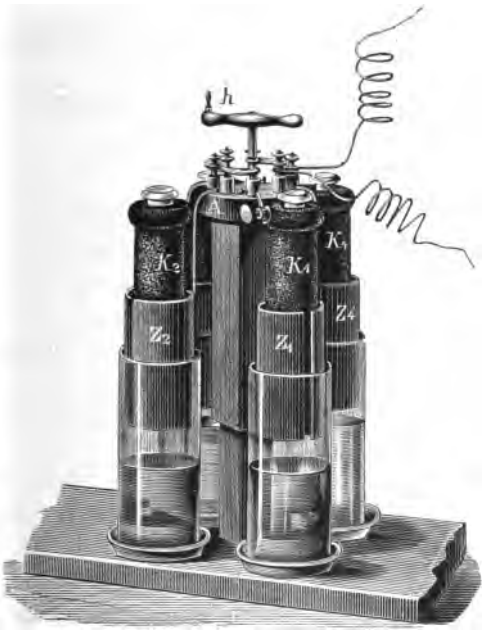
Ausserdem wendet Stöhrer auch hohle Kohlencylinder an, die von Zinkcylindern umgeben und vor der Berührung mit denselben durch Glasperlen geschützt werden, Fig. 38, sie besitzt dieselbe Hebevorrichtung wie die oben beschriebene.

Eine Benützung dieser Elemente, welche erwähnt werden muss, besteht darin, dass man die hohle Kohle auch mit Salpetersäure füllen und aussen Schwefelsäure anwenden kann, wodurch man das Faure-Element ersetzt hat. Diese Batterie besitzt dieselbe Hebevorrichtung.

Chutaux-Element. Dessen Erfinder sucht, wie schon vor ihm Fabre de Lagrange gethan hat, die Beständigkeit der Stromstärke dadurch zu erreichen, dass er die Flüssigkeit durch Zu- und Abfluss in Bewegung setzt. Zu diesem Zwecke stellt er in einen

Topf, dessen Boden mit einem Thonsieb oder drgl. bedeckt ist, eine Zink- und eine Kohlenelektrode und füllt den übrigen Raum um das Zink herum mit Sand, um die Kohle herum mit Kohlenklein aus (Dingler's Journal, Bd. CCIII, S. 377, 1872). Die oberste Schichte

Fig. 38.




wird aus Sand gebildet, auf dem ein stark poröses Gefäss steht, das mit der Erregungsflüssigkeit gefüllt ist.

Der Hals einer umgestürzten Flasche, welche dieselbe Flüssigkeit enthält, taucht unter die Oberfläche derselben, so dass, wenn dieselbe zu viel gesunken ist, sich das Gefäss aufs Neue füllen kann.

Der Boden des Elementengefässes ist durchbohrt, so dass die Flüssigkeit abziehen kann. Die abrinnende Säure darf noch durch 3 untergestellte Elemente fliessen, ehe daraus ein Nachtheil erwächst, dass sie schon in den vorhergehenden erregend gewirkt hat.

Diese Säule wurde während der Belagerung von Paris zu Beleuchtungszwecken benützt, doch sagt man ihr nach, dass die Beständigkeit des Stromes, den sie liefert, nicht ganz befriedigend ist.

Natürlich kann man durch veränderte Anordnung der Elektroden, wie dies auch Chutaux gethan hat, den inneren Widerstand bedeutend verringern.

Die Amalgamirung stets befriedigend zu erhalten, was bei dieser Anordnung schwierig wäre, fügt Chutaux der Flüssigkeit Quecksilbersulfat bei; sie hat folgende Zusammensetzung:

| | | |
|---|---|---|
| Kaliumbichromat . . . . . | 66 | Grm. |
| Quecksilbersulfat . . . . . | 33 | » |
| englische Schwefelsäure . . . . | 133 | » |
| Wasser . . . . . | 1000 | » |

Durch diese Zusammensetzung wird zwar die elektromotorische Kraft etwas vermindert, dafür aber die Depolarisation befördert.

Higgins-Element, dessen Beschreibung wir in »La lumière électrique« 1882, p. 70, gefunden haben, ist auch eines von jenen, welche eine beständige Bewegung der Chromsäureflüssigkeit fordern.

Es besteht aus 2 Kohlenplatten, welche in eine fast ausgebrauchte Flüssigkeit der schon wiederholt beschriebenen Art tauchen.

Der Boden des 18 Cm. hohen und 15 Cm. weiten Gefässes ist mit Quecksilber bedeckt, in welches Zinkabfälle eingelegt sind. Ein mit Guttapercha überzogener Kupferstab taucht in das Amalgam und besorgt die Ableitung.

Die elektromotorische Kraft des Elementes soll 2 Volts betragen und der innere Widerstand nicht 0·108—0·170 Ohms übersteigen, woraus erklärlich ist, dass 3 solche Elemente einen 3 Mm. dicken, 13 Mm. langen Platindraht, der kalt einen Widerstand von 0·42 Ohm besitzt, zu heftiger Weissgluth erhitzen.

Die Kosten für die Speisung der Elemente sind geringer als sonst und betragen, angenommen, dass eine frische Flüssigkeit benützt wird, nur 20 Cent. per Element und Tag, wenn es auf einen äusseren Widerstand von 1·5 Ohm arbeitet. Die Behandlung ist sehr einfach und die Strombeständigkeit soll sehr befriedigend sein. »Journal of the Society of telegr. Engineers« 1882, Vol. XI. N. 42, p. 160.

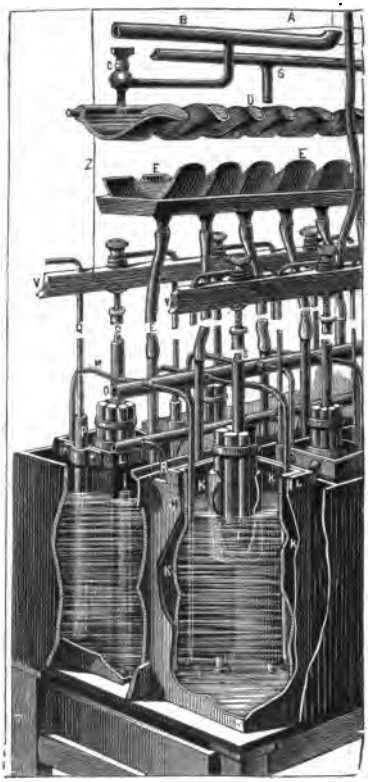
Ein Beispiel für die praktische Anwendung von Chromsäure-Elementen zur elektrischen Beleuchtung, welche in grossem Massstabe ausgeführt wurde, bietet die

Grenet-Jarriant-Säule. Deren Elemente sind folgendermassen zusammengesetzt; wir folgen in der Beschreibung einem Aufsatze der in »La Nature« N. 480, 12. August 1882, erschienen ist und die elektrische Beleuchtung des Comptoir d'escompte de Paris bespricht:

Jede Säule, Fig. 39, deren 60 aufgestellt werden sollen, weil die Unterbringung von Kraftmaschinen

unmöglich ist, besteht aus 48, in zwei Reihen angeordneten Elementen, welche in zwei rechteckigen Trögen stehen.

Fig. 39.




Das Gefäss jedes Elementes ist aus Ebonit hergestellt und enthält vier durch einen angegossenen Bleikopf vereinigte Kohlenplatten und ein Ueberfallsrohr *i*, das der Flüssigkeit, wenn sie zu hoch steigt, abzu-

fliessen gestattet. Am Bleikopf *L* sind ferner zwei kleine Röhren *R* befestigt, die bis zum Boden gehen, durch welche Luft eingeblasen wird.

Die positive Elektrode besteht aus sechs Zinkstäben *u* vom Durchmesser eines Centimeters, die durch Kautschukbänder an einem Kupferstab *S* festgehalten werden, welcher eine runde Zelle aus Hartkautschuk trägt, die Quecksilber enthält, das einen innigen Contact und gute Amalgamirung besorgt.

Von den Zinkpolen, die an Holzbalken *V* befestigt sind, gehen Kupferstäbe aus, die abwärts steigend in Röhren *P* tauchen, welche mit Quecksilber gefüllt und mit den Kohlenplatten des Nachbar-Elementes verbunden sind; diese Einrichtung gestattet, alle Zinke zugleich herauszuheben und einzusenken, ohne dass das Lüften auch nur einer Schraube nothwendig ist.

In das Gefäss *X* taucht endlich noch eine Röhre *E*, welche die Chromsäure zuführt.

Die im Voraus zubereitete Flüssigkeit, bestehend aus 38 Kgr. Natriumbichromat, 75 Kgr. Schwefelsäure von 66° B. auf 1 KM. Flüssigkeit, wird durch Pumpen bis auf den höchsten Punkt des Daches gehoben, dort in Vorrathskufen gesammelt, von welchen aus sie durch eine Röhrenleitung ober kleinen Ebonitschüsseln *D* in ähnliche *E* eingeleitet wird. Entströmt dem Steinzeughahn *C* z. B. ein Liter Flüssigkeit, so schnappt *D* um und ergiesst seinen Inhalt in die Wanne, von welcher aus sie in die Elemente gelangt.

Der Zulauf wird durch den Hahn *C* so geregelt, dass 20 Liter neue Flüssigkeit per Stunde der Batterie zugeführt werden, die ausgebrauchte zieht durch die

Röhre *i* ab, ist jedoch noch einer zweimaligen Verwendung fähig. Beim zweiten Gebrauch muss sie jedoch schneller durch die Elemente laufen, so dass 30 Liter auf die Stunde kommen, und beim drittenmal endlich 40 Liter.

Wird etwas neue Flüssigkeit zugegeben, so kann sie schliesslich noch ein viertes Mal verwendet werden, es müssen aber dann 60 Liter per Stunde die Säule durchfliessen.

Die also ausgebrauchte Flüssigkeit wird von den Zustellern der frischen in Empfang genommen und auf bisher noch nicht veröffentlichte Weise wieder gebrauchsfähig gemacht oder verwendet.

Parallel mit der Chromsäureleitung läuft eine Wasserleitung, welche die Elemente nach dem Gebrauche wäscht.

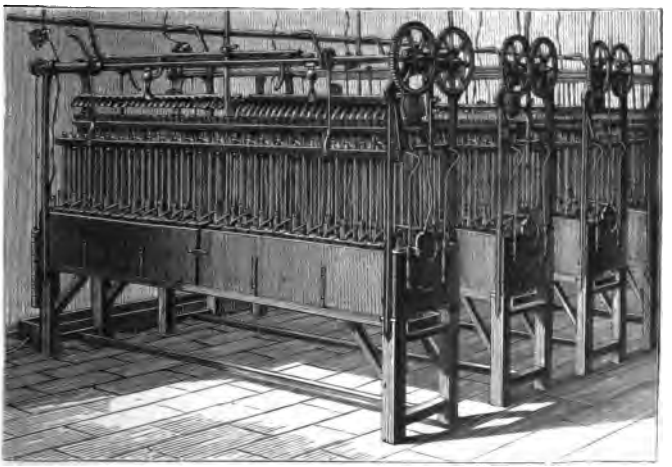
Ein dritter Röhrenstrang endlich, der in den kleinen Röhren *O* endigt, deren zwei in ein Element tauchen, führt die Luft zu, ein Dienst, der von jener Pumpe und Gasmaschine besorgt wird, welche die pneumatische Postverbindung der Banque bedienen.

Die Zinkpole der verschiedenen Säulen sind durch einen Draht verbunden, welcher den negativen Pol bildet; die positiven Pole führen zu einem grossen Stöpsel-Commutator mit 50 Abzweigungen, von welchem aus auch die 50 Leitungsdrähte zu den Voltabogen-Lampen oder den Glühlichtlampen-Serien führen.

Auf diese Art kann man sehr schnell alle Verbindungen herstellen und mit einem Blicke erkennen, welche Säulen und Lampen in Thätigkeit sind, ohne dass ein Irrthum möglich wäre.

Dadurch, dass alle negativen Pole gemeinschaftlich sind und die positiven mit dem Stöpselschalter in Verbindung stehen, hat man nie mehr zu thun, als den Stöpsel einzustecken, um irgend eine Säule in Thätigkeit zu setzen.

Fig. 40.



Sind die Flüssigkeits- und Luftzuflüsse richtig gestellt, so ist der erhaltene Strom völlig regelmässig und hat jede der 48-elementigen Säulen eine elektromotorische Kraft von 82 Volts und in einem kurzen Stromkreis eine Stromstärke von 24 Ampères.

Die Erfinder schätzen, dass jede Säule, wenn sie in voller Thätigkeit ist, $1^1/_2$ Pferdekräfte gleich 112 Kgr.-Mtr. Arbeit per Secunde leistet und 8—10 Glühlampen (Swan) oder eine Voltabogen-Lampe, nach Siemens oder Gravier, mit 1 Cm. starker Kohle, betreiben kann.

Im Ganzen sollen, wenn alles fertig gestellt ist, 100 Swan-Lampen und 50 Voltabogen-Lampen in Betrieb gesetzt werden. Figur 40 zeigt 3 dieser Batterien mit ihren Hebevorrichtungen.

Der Umstand, dass die Chromsäure-Elemente fähig sind, wenn auch nur für kurze Zeit, einen sehr kräftigen Strom zu liefern und besonders Drähte zum Erglühen zu bringen, hat Anlass gegeben, sie nicht blos zu galvanokaustischen Zwecken und Zündmaschinen, sondern auch in der Sprengtechnik zu verwenden.

Im Nachfolgenden wollen wir das Element der Genie-Regimentsschule zu Arras beschreiben, das unter dem Namen

Arras-Element bekannt ist und durch den dortigen Capitän Barisien in Verwendung kam.

Das Element besteht aus einem Kohlenstabe, den ein Zinkcylinder umgiebt, dessen äussere Fläche, welche an der Stromerzeugung nicht Theil nimmt, mit einem schützenden Ueberzug versehen ist.

Beide Elektroden sind sammt den Klemmen an einer kleinen Holz- oder Hartgummischeibe befestigt, welche am Rande des Gefässes aufruht, in welches die Elektroden in jenem Augenblicke getaucht werden, in dem die Mine auffliegen soll.

Das Gefäss besteht aus dem mit einem eingeriebenen Glasstöpsel oder mit Kautschuk überzogenen Holzstöpsel versehenen Fläschchen, das zugleich zur Aufbewahrung der Flüssigkeit dient und in einem Fache neben den Elektroden steht.

Da die Thätigkeit des Elementes nur Augenblicke währt, wird sowohl das Zink als auch die Flüssigkeit ausserordentlich wenig abgenützt und können beide zu einer langen Reihe von Sprengungen dienen.

Im Jahre 1870 während der Belagerung wurden zu gleichen Zwecken 4 Elemente zu einer Säule vereinigt. Jedes Element bestand aus einem Halbcylinder von Zink und Kohle, und war der so gebildete Cylinder in eine Oeffnung des Brettes gesteckt, die je zu einer Hälfte mit Kupferstreifen ausgekleidet war. Die Elektroden selbst waren durch Hartgummiplättchen getrennt.

Puddot-Säule. Vier Arras-Elemente sind im Viereck aufgestellt und die Zwischenräume mit Guttapercha ausgefüllt und sie selbst so verhüllt, dass ein Cylinder entsteht, wodurch die Aussenseiten der Zinke vollkommen vor dem Säureangriff geschützt sind. 4 nach aussen mündende wagrechte Oeffnungen gestatten der Luft zu entweichen, wenn die Säule in das mit der Flüssigkeit gefüllte Gefäss aus halbgehärtetem Kautschuk getaucht wird. 2 Klemmen sind zur Aufnahme der Drähte bestimmt, die übrigen Poldrähte sind miteingegossen.

In Folge dieser Einrichtung können die Elemente mit wenig Flüssigkeit in Thätigkeit gesetzt und diese deshalb nach dem Gebrauche weggegossen werden.

Da es unangenehm ist, Gefässe, welche Schwefelsäure enthalten, mit in die Wägen der Genietruppen zu verpacken, ersann Capitän Puddot ein neues Gemenge, welches diese Säure entbehrlich macht; es besteht aus 20 Grm. Kaliumbichromat und 6 Grm. Kaliumchlorochromat und wird in 100 Grm. Wasser gelöst. Dabei

findet eine Temperaturerniedrigung bis —10° statt, woraus eine Widerstandserhöhung hervorgehen kann, weshalb es gut ist, die Lösung einige Zeit vor dem Versuch zu bereiten.

Diese Flüssigkeit wirkt schwächer als jene von Buff; sie wird erheblich verstärkt, wenn man, was in Städten leicht möglich ist, 10 Gramm Schwefelsäure beifügen kann.

Das Chlorochromat wird bereitet, indem man Salzsäuregas im Ueberschuss in heisse gesättigte Lösung von Kaliumbichromat einleitet, und man erhält es als feine orangenbraune Nadeln, die ohne besondere Aufmerksamkeit aufbewahrt werden können.

Mehr über Feldelemente siehe XV. Bd.

Pneumatisches Element nach Byrne. Schon 1841 hat Poggendorff ein Element mit Zink, Platin und Chromsäure versucht, jedoch gefunden, dass seine elektromotorische Kraft $^1/_3$ kleiner als jene eines Zink-Kohlen-Elementes mit Chromsäure ist.

Neuerdings hat Dr. Byrne in Brooklyn den Versuch wiederholt und dabei sein Element auf sehr sinnreiche Weise zusammengesetzt.

Um den Leitungswiderstand zu vermeiden, der in Elementen mit Platinelektroden wegen deren Dünnheit meistens vorhanden ist, verfährt er auf folgende Weise:

Er versieht das Platin mit einer Bleiunterlage, die wieder, um steif zu sein, eine Kupferplatte als Kern enthält. Die Elektrode besteht daher aus einer Kupferplatte, welche mit Blei überzogen ist, auf welches erst die Platinbleche aufgelöthet werden. Das zu Tage

tretende Blei, sowie die Löthstellen werden mit Firniss überzogen, welcher der Säure widersteht.

Zwischen 2 solchen Elektroden lässt sich, wie beim Grenet-Element, die Zinkelektrode auf- und abschieben. Den Wasserstoff möglichst vollständig zu verbrennen und die Flüssigkeit in Bewegung zu setzen, wird durch einen Kautschukblasebalg Luft unter die Elektroden eingeblasen und dadurch die Flüssigkeit in Bewegung versetzt.

Entgegen der Behauptung Poggendorff's findet Byrne die elektromotorische Kraft = 1·97, doch giebt er freilich auch zu, dass sie zuweilen nur 1.73 beträgt. Der stark wechselnde Widerstand ist nur 0·14—0·18 Ohms, was erklärt, dass 10 derlei Elemente einen 86 Cm. langen und 2·1 Mm. dicken Platindraht ins Erglühen bringen.

Der geringe innere Widerstand wird erzielt sowohl durch die gut leitende Elektrode, als auch durch den bedeutenden Schwefelsäuregehalt der Flüssigkeit, die bereitet wird, indem man 155 Gramm Kaliumbichromat in 3 Liter kochendem Wasser löst, und nach dem Erkalten, so lautet die Vorschrift nach dem »Engineering«, 1878, Bd. XXV, S. 421, 0·6 Liter concentrirte Schwefelsäure zusetzt.

Der Erfinder wendet auch Calciumchromat an, wie wir dem »Lumière électrique«, (1880) S. 18 entnehmen; die Ergebnisse scheinen aber eben so wenig befriedigend, als der Gebrauch verdünnter Schwefelsäure, mit welcher er ebenfalls sein Element zuweilen in Thätigkeit setzt.

Zink-Kupfer-Chromsäure. Poggendorff hat auch diese Zusammenstellung in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen und gefunden, dass ihre elektromotorische Kraft nur 1·2 Daniell beträgt. Da die Wasserstoffausscheidung nicht aufgehoben ist, besitzt das Element keine beständige Stromstärke.

Kupfer-Kohle-Chromsäure. Diese Stoffe zu einem Elemente zu vereinigen, wurde von Thomsen in Kopenhagen versucht. Ein Element dieser Art wäre deshalb zweckmässig, weil das Kupfer von der mit nur 4 Theilen Wasser verdünnten Schwefelsäure, sobald der Stromkreis offen ist, nicht angegriffen wird, was also gestattet, den inneren Widerstand recht gering zu machen.

Leider ist aber die elektromotorische Kraft nur 0·9 Daniell. Als Erregungsflüssigkeit wurde die von Buff angegebene benützt.

Nachdem wir die hauptsächlichsten Formen der Chromsäure-Elemente besprochen haben, wollen wir im Anschlusse einige Abänderungen solcher zur Besprechung bringen.

Bei dem Feld-Element neuester Zusammenstellung war schon die Flüssigkeit anders zusammengesetzt, grösser ist die Veränderung derselben im

Delaurier-Element. (Zink, Kohle, Flüssigkeit.) Im äusseren Gefäss befindet sich nebst Wasser ein Zinkcylinder, dessen Höhlung die Zelle aufnimmt. Der Inhalt der Zelle besteht aus der Kohlenelektrode und einer Flüssigkeit, welche zusammengesetzt ist aus:

5·4 Theilen Kaliumbichromat,
5 » Natriumsulfat,
4 » Eisensulfat,
25 » Schwefelsäure von 66° B.,
30 » Wasser.

Delaurier hofft auf folgende Weise eine vermehrte Beseitigung des Wasserstoffes zu erzielen.

Wir gehen, alles andere bei Seite lassend, von der Chromsäure aus.

$$4CrO_3 + 6H_2SO_4 + Fe_2O_3 . 3SO_3 + 7H_2 =$$
$$= 2(Cr_2O_3 . 3SO_3) + 2FeSO_4 + 12H_2O + SO_4H_2$$

Wir sehen, dass hier $7\,H_2$ oxydirt werden, während sonst von $4\,CrO_3$ nur $6\,H_2$ gebunden wurden.

$$4CrO_3 + 6H_2SO_4 + 6H_2 = (2Cr_2O_3 . 3SO_3) + 12H_2O$$

Er wendet auch eine Mischung von
5.4 Kaliumbichromat,
5 Eisensulfat,
6 Schwefelsäure von 66° B.
auf 12 Wasser

an, welche bei derselben Wirksamkeit billiger zu stehen kommt als Salpetersäure, und von der er hofft, sie wieder beleben zu können, wenn sie ausgebraucht ist.

Statt der verdünnten Schwefelsäure kann auch Salzwasser bei der Zinkelektrode verwendet werden, was deren Abnützung während der Ruhepausen sehr vermindert; auch wird das Amalgamiren erspart, was deshalb besonders für Galvaniseure wichtig ist, weil selbes oft Anlass giebt, dass an die zu vergoldenden Waaren Quecksilber kommt.

Für Haustelegraphen-Elemente dieser Art ist es besser, gesättigte Salzlösungen anzuwenden, weil dadurch der Widerstand und die Diffusion verringert werden.

Griscom-Batterie. Eine, wie uns dünkt, recht zweckmässige Einrichtung, hat Griscom der Chromsäure-Tauchbatterie gegeben, um sie zum Betrieb seines elektromagnetischen Nähmaschinen-Motors verwenden zu können.

Fig. 41.

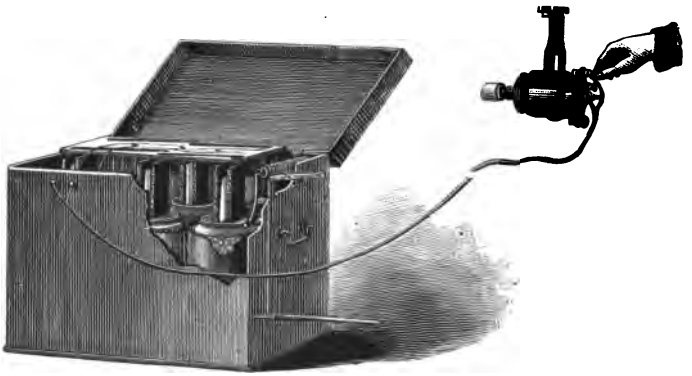


Fig. 41 zeigt ein Brett, an welchem 12 Kohlenplatten, die in 6 sehr grosse Gläser tauchen, befestigt sind. Zwischen je zwei solchen Platten befindet sich eine gegossene, eigenthümlich geformte Zinkplatte, die unten bedeutend dicker ist, um die Abnützung auszugleichen, vielleicht auch, damit bei dem mehr oder minder tiefen Einsenken, innerhalb kleiner Grenzen, oder besser Bewegen der Elektroden, die Stromstärke nicht zu sehr schwankt. Das Bewegen ist nothwendig, um

die Polarisation zu vermeiden; wird wenig eingesenkt, so hat man die Platten sehr nahe, sie polarisiren sich, man taucht etwas tiefer ein, was sehr leicht geschieht, indem man mehr oder minder stark auf den Tritt drückt, der mit einem Winkelhebel in Verbindung steht, auf dem das Brett ruht, an welchem die Elektroden befestigt sind.

Eine starke Spiralfeder besorgt das Herausheben der Elemente.

Durch mehr oder minder starkes Drücken auf den Tritt werden die Elektroden mehr oder minder eingesenkt, wodurch die Maschine schneller oder langsamer läuft, oder gar stehen bleibt.

Der ganze Kasten hat eine solche Grösse, dass er gerade unter einer Nähmaschine Platz hat.

Fig. 42.

Anderson-Element. Diese Zusammenstellung, welche uns nur aus Patentschriften bekannt ist, deren Beschreibung aber die Runde durch alle Blätter, die sich mit elektrischen Apparaten beschäftigen, gemacht hat, benützt als erregende Flüssigkeit Schwefelsäure oder Salzsäure (wir folgen hier der Patent-Beschreibung in Uppenborn's Zeitschrift, 1880, II. Bd., Nr. 16), oder ein Salz dieser Säuren, welche das Zink umgiebt, während die Kohle in Oxalsäure taucht, der eine

geeignete Säure oder ein Salz derselben beigemischt ist, das aber Chrom oder Chromsäure enthalten soll, so dass oxalsaures Chromoxyd entsteht, das noch in Verbindung stehen kann mit dem Salze eines doppelt- oder einfach-chromsauren Salzes.

Letztere Flüssigkeit wird auch benützt, wenn die poröse Zelle wegbleibt.

Gewöhnlich wird Chlorammonium beim Zink und oxalsaures Chromoxyd nebst oxalsaurem Kali verbunden mit Kaliumbichromat und Salzsäure, bei der Kohle verwendet. Die erstere Verbindung wird erhalten, wenn man doppeltchromsaures Kalium mit Oxalsäure mischt, bis das Aufbrausen aufhört. Wir bemerken sofort, dass diese Herstellungsweise mehr als kostspielig ist, da je ein Theil der Chromsäure zu Chromoxyd reducirt und ein Theil der Oxalsäure in Kohlensäure verwandelt wird, also ein Verbrauch schon vor der Benützung im Elemente stattfindet.

Diese Lösung wird abgedampft, das erhaltene Salz mit der gleichen Menge Kaliumbichromat gemischt, und in die Zelle zur Kohle gegeben, worauf ein Zusatz von Wasser oder Chlorwasserstoffsäure erfolgt.

Die Krystalle von Kaliumbichromat können zweckmässiger Weise auch in eine trichterförmige Glasröhre, die mit einem Platindrahtnetz-Boden versehen ist, eingefüllt werden. Je nachdem man einen stärkeren oder schwächeren Strom wünscht, senkt man die Röhre mehr oder minder tief in die Flüssigkeit ein. Das Entweichen von Dämpfen zu verhindern, wird Oel, Russ oder Holzkohle auf die Flüssigkeit aufgegossen. (Fig. 42.)

Wir enthalten uns jeder weiteren Bemerkung über dieses Element, von dessen elektromotorischer Kraft nichts bekannt ist, und wollen nur noch anführen, worauf der Erfinder besonders Gewicht legt.

Nämlich auf die Herstellung galvanischer Batterien mit Anwendung von Oxalsäure in Verbindung mit irgend einer Lösung, welche Chrom oder Chromsäure enthält, so dass die Oxalsäure sich chemisch mit dem Chrom oder der Chromsäure zu einfachoxalsaurem Chromoxyd, oder einem zusammengesetzten oxalsauren Salz, welches Chrom oder Chromsäure enthält, verbindet. — Welche Vortheile oder Zwecke damit verbunden sind, haben wir nicht ergründen können.

Partz-Element. Zu dieser Zusammenstellung, deren Beschreibung im III. Bd. von La lumière électrique, 1881, S. 168, zu finden ist, wird statt Kaliumbichromat das Ammoniumbichromat, und statt der Schwefelsäure Chlorzinklösung verwendet. Die Verhältnisszahlen sind: 15 Theile von jedem der Salze auf 100 Theile Wasser. Das Element hat viele Aehnlichkeit mit dem in Fig. 19 abgebildeten; eine nicht unwesentliche Verbesserung besteht darin, dass die Kohle mit 10—12 Längsschlitzen versehen ist, was eine Erneuerung der depolarisirenden Flüssigkeit erleichtert, und dass ferner die Zinkelektrode in ein kleines, mit Quecksilber gefülltes Gläschen taucht, was stets eine vollkommene Amalgamirung aufrecht erhält. Während der Thätigkeit des Elementes bildet sich eine Doppelverbindung von olivengrüner Farbe, Chromzinkoxychlorid, welche sich vom Zink sehr leicht ablöst. Die Anwendung von Ammoniumbichromat

bietet noch den Vortheil, dass sich kein schwer löslicher Körper bildet, da der Ammoniumalaun im Gegensatz zum Kaliumalaun leicht löslich ist.

Nach den Untersuchungen von Dumoncel und Hospitalier beträgt die elektromotorische Kraft 1·45 Volts, der Widerstand des Elementes 2 Ohms, was sie recht gut geeignet macht, die Leclanché-Elemente zu vertreten.

In »La lumière électrique« sind einige lehrreiche Versuche veröffentlicht, welche mit verschiedenen Mischungen angestellt wurden.*)

Uebermangansäure-Element. Wir übergehen die Anwendung dieser Säure, welche von Beetz**) und Koosen***) versucht wurde, weil sie keine praktische Verwerthung in Aussicht gestellt haben.

## Elemente mit Depolarisation durch den Sauerstoff von Metallsalzen.

Wie wir wissen, wird die elektromotorische Kraft des Volta-Elements dadurch erhöht, dass aller bei der Zinkauflösung abgeschiedene Wasserstoff durch den gelösten Sauerstoff der Luft, durch ein Oxyd oder eine Säure verbrannt wird, was eine elektromotorische Kraft erweckt, ähnlich jener, welche durch das Auflösen der Zinkelektrode hervorgerufen wird.

Die Fähigkeit, den Wasserstoff im Entstehungsaugenblicke zu binden, kommt jedoch nicht allein dem

*) Voisin und Dronier nimmt: Kaliumbichromat 4·5, Schwefelsäure 9·83, Natriumsulfat 2·33, Wasser 83·33; Loiseau eine Mischung von Kaliumbisulfat und Bichromat, das vor dem Gebrauch gelöst wird.

**) Fortschritte der Physik, Berlin 1847. S. 271.

***) Koosen Pogg. Ann. Bd. CXLIV, S. 627.

Sauerstoff der Luft, den Oxyden und Säuren zu, sondern auch viele sauerstoffhaltige Metallsalze besitzen dieselbe. Wir können uns sehr leicht hiervon überzeugen, wenn wir in ein geschlossenes Volta-Element, an dessen Kupferelektrode Wasserstoffbläschen aufsteigen, sehr vorsichtig längs derselben Kupfersulfatlösung einfliessen lassen. Sowie diese Lösung die Elektrode trifft, vermindert sich die Wasserstoffentwicklung und steigt die Stromstärke, was der grössere Ausschlag eines Galvanometers andeutet, wenn wir ein solches in den Stromkreis eingeschaltet haben.

Diese Art, die Wasserstoffentwicklung zu beseitigen, kann jedoch nicht angewendet werden, weil sich die Kupfersulfatlösung bald in der gänzen Flüssigkeit vertheilt, an das Zink geräth und dort Kupfer abscheidet.

Man umgiebt daher die negative Elektrode mit einem porösen Gefässe, in welches die Kupfersulfatlösung eingefüllt wird. Das neue Element, welches nach seinem Erfinder, der es um das Jahr 1836 zusammenstellte,

Daniell-Element heisst, besteht also aus einer Zinkelektrode in verdünnter Schwefelsäure, in der eine poröse Zelle steht, welche die Kupfersulfatlösung und die Kupferelektrode enthält. (Fig. 43.)

Schalten wir in den Stromkreis dieses Elementes ein Galvanometer ein, so werden wir, so lange dafür gesorgt ist, dass die poröse Zelle stets Kupfersulfat enthält, finden, dass die Nadel stets auf dieselbe Zahl weist, also die Stromstärke sich gleich bleibt, trotzdem dass Schwefelsäure verbraucht wird. Um diesen Umstand

zu erklären, ist es nothwendig, die chemischen Vorgänge einer näheren Beachtung zu unterziehen.

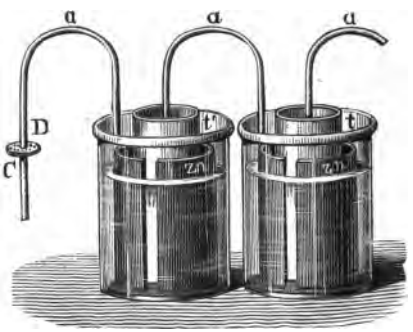
Wir haben im Elemente:

$$Zn + H_2 SO_4 + Cu SO_4,$$

welche Stoffe unter Strombildung sich umsetzen in:

$$Zn SO_4 + H_2 SO_4 + Cu.$$

Fig. 43.




Wir sehen also, dass es nie an freier Schwefelsäure im Elemente fehlen wird, und können uns nun auch erklären, wieso das Element auch ohne Schwefelsäure, wie dies oft geschieht, in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Steht das Zink blos in Wasser, so tritt allmählich durch die Poren ein wenig Kupfersulfat zum Zink, dieses zersetzt das Sulfat, schlägt etwas Kupfer nieder und macht die Schwefelsäure frei.

Freilich wird uns die Beobachtung des Galvanometers lehren, dass die Stromstärke erst nach und nach ihre ganze Höhe erreicht, was darin seine Begründung findet, dass Wasser ein schlechter Leiter und deshalb

der innere Widerstand des Elementes zu Beginn sehr gross ist.

Um die Zeitdauer abzukürzen, in welcher das Element seine volle Kraft sich erwirbt, schliesst man den Strom kurz, was die chemische Thätigkeit auf das kräftigste erregt.

Der Umstand, dass die elektromotorische Kraft dieses Elementes nur sehr geringen Aenderungen unterliegt, hat Veranlassung gegeben, dieselbe als Einheit anzunehmen.

Eingehende Untersuchungen, bei welchen auch die Aenderungen der Temperatur in Rechnung gezogen wurden, ergaben (Sabine) eine Zunahme von 0·015 bei 100° C., wenn die elektromotorische Kraft bei 18° C. gleich 1 genommen wurde.

Derartige zu Messungen bestimmte Elemente werden statt mit verdünnter Schwefelsäure mit Zinksulfat gespeist. In einem solchen Elemente fand Jul. Regnauld die Zahl:

175 für eine gesättigte Lösung von Kupfersulfat,
175 » Kupfersulfat, im doppelten Raumtheile Wasser,
174 » Kupfersulfat im 10fachen Raumtheile Wasser,
172 » Kupfersulf, im 50fachen Raumtheile Wasser gelöst.

Die Zahl 179*) ergiebt sich, wenn verdünnte Schwefelsäure angewendet wird.

Wie man sieht, ist also dann die elektromotorische Kraft nur wenig grösser, sie steigt auf 188 bei Schwefel-

*) Diese Zahlen sind thermoelektrische Einheiten, d. h. die elektromotorischen Kräfte von 175—172 hintereinander geschalteten Wismuth-Kupfer-Elementen, deren Löthstellen auf 0° und 100° erwärmt sind.

säure, die nur mit der vierfachen Wassermenge verdünnt ist, und sinkt auf 161*), bei der mit dem 12fachen Gewichte Wasser verdünnten Schwefelsäure.

Regnauld hat ferner gefunden, dass sich die elektromotorische Kraft nicht ändert, wenn die Dicke der Zelle zunimmt, oder die Dichte der Zinksulfatlösung abnimmt; bedeutend ändert sich aber dann der innere Widerstand des Elementes und zwar in eigenthümlicher Weise, weil die Leitungsfähigkeit der Zinksulfatlösung nach einer gewissen Dichtenzunahme wieder abnimmt, wie folgende Zahlen zeigen.

Gesättigte Zinksulfatlösung. spec. Gewicht 1·441,
Leitungsfähigkeit . . . . . 5·77
mit dem gleichen Raumtheil Wasser verdünnt 7·13
Mit dem 3fachen Raumtheil Wasser verdünnt 6·43

Auch die Temperatur hat Einfluss auf die Leitungsfähigkeit der Zinksulfatlösung; am günstigsten stellt sie sich bei 14° C.

Ebenso wie die Dichte der Zinksulfatlösung zunimmt, verringert sich durch den Verbrauch die Dichte der Kupfersulfatlösung und damit auch deren Leitungsfähigkeit, denn es zeigt nach Ed. Becquerel Kupfersulfatlösung im gesättigten Zustande, vom spec. Gewichte 1·171 die

Leitungsfähigkeit . . . . . 5·42
verdünnt mit 1 Raumtheil Wasser . . . 3·47
verdünnt mit 3 Raumtheilen Wasser . . 2·08

Wie man sieht, sollte man also die Lösung stets gesättigt erhalten, was der Fall ist, wenn Krystalle im

*) S. Latimer Clarke und Sabine. Die Zahlen sind des leichtern Vergleiches wegen umgerechnet in thermoelektrische Einheiten.

Ueberschuss zugesetzt werden, welche man auf das Sieb *D* legt.

Dieses Verfahren ist jedoch keineswegs sparsam, wie die Erfahrung bewiesen hat, und die Steigerung des Widerstandes, den eine verdünntere Lösung hervorbringt, wird einigermassen dadurch ausgeglichen, dass sich Zinksulfat derselben beimengt.

Abgesehen von allen diesen Ursachen der Stromstärkeänderungen bleibt auch noch zu berücksichtigen, dass die Verdunstung die Flüssigkeiten gesättigter macht.

Die ursprüngliche Gestalt des Daniell-Elementes war die nachfolgend beschriebene, welche wir hauptsächlich deshalb anführen, weil gerade in den neuesten Zusammenstellungen galvanischer Elemente eine gewisse Rückkehr zur Urform zu finden ist.

Das Gefäss, welches zugleich die Ableitungs-Elektrode bildete, bestand aus einem hohlen Kupfercylinder, der mit einem siebförmigen Einsatz versehen war, von welchem aus die als poröse Zelle verwendete Ochsengurgel zur gegenüberliegenden Oeffnung in dem Boden des Gefässes ging.

Der Boden der porösen Zelle bestand aus einem Korkstöpsel, in dessen Bohrung ein doppeltgebogenes Rohr eingefügt war, das einer zu grossen Sättigung der Zinksulfatlösung vorzubeugen bestimmt war, welche leicht eintrat, weil der volle Zinkcylinder fast den ganzen Innenraum einnahm.

Diese Röhre aber machte den ganzen Apparat recht unhandlich, und ist auch die Benützung des Kupfers als Gefäss wohl zu überlegen. Freilich greift weder Kupfersulfat noch verdünnte Schwefelsäure das

Kupfer in nennenswerther Weise an, jedoch können Nebenwirkungen, Ablagerungen eines anderen Metalles, die Löthstelle selbst, Anlass zu örtlichen chemischen Vorgängen bilden, die als Endergebniss die Durchlöcherung des Gefässes haben würden.

Der Umstand, dass die negative Elektrode bedeutend grösser als die positive ist, hat bei derlei Elementen, in welchen der Wasserstoff vollständig aufgezehrt wird, nicht viel zu sagen, ist also ohne Werth.

Es wird dadurch, dass so viel Kupfer aufgewendet wird, der Anschaffungspreis erhöht, jedoch auch wieder an Zinkverbrauch gespart, besonders wenn man davon absieht, gegossene Zinkcylinder zu verwenden, welche oft Hohlräume enthalten, die Anlass zu unnützer Zerstörung der Elektroden geben können. Hohle Cylinder aus Zinkblech vermeiden diesen Fehler und auch jenen, der darin liegt, wenn die poröse Zelle zu wenig Flüssigkeit hält.

Aus einigen der angeführten Gründe ist man von der beschriebenen Form der Daniell-Elemente abgegangen und baute sie dann allgemein so, dass man in einen hohlen Zinkcylinder eine poröse Zelle aus Thon stellte, welche die Kupferelektrode und das Kupfersulfat enthält. (Fig. 43.)

Wir benützen diese Gelegenheit, zu bemerken, dass die poröse Zelle jetzt wieder zu wenig Kupfersulfat fasst; man ist daher dazu gekommen, diesem Uebelstande durch Aufsetzen eines mit Krystallen und Flüssigkeit gefüllten Ballons abzuhelfen, wodurch das Ballon-Element entstand.

Ballon-Element. Dieses Element, welches in Frankreich vor wenigen Jahren eine grosse Verbreitung gefunden hat, kann 6 Monate lang ohne Nachhilfe in Thätigkeit bleiben,*) wenn der Ballon etwa ein Kilo Sulfatkrystalle fasst. Derselbe ist durch einen Pfropfen verschlossen, aus dem ein Guttapercha- oder Glasröhrchen herausragt, das bis in die Flüssigkeit reicht die in der porösen Zelle enthalten ist. Durch dieses Röhrchen sinkt die Lösung des Ballons herab, wenn dieselbe schwerer (dichter), weil gesättigter, als die in der Zelle ist. Ein Holzdeckel, auf welchem der Ballon aufruht, verhindert die Verdunstung und dadurch auch das rasche Fortschreiten der Salzwucherungen.

Trotz der scheinbaren Zweckmässigkeit dieser Elemente wurden sie doch allmählich durch die nach Callaud oder Leclanché ersetzt. Abgesehen vom fortgesetzten Zinkverbrauche scheint gerade die beständige Sättigung ungünstig zu wirken.

Alle diese Elemente und viele der nachbesprochenen bieten den Uebelstand, dass die poröse Zelle bald ihren Dienst versagt und mancherlei Unzukömmlichkeiten bedingt, die wir jetzt etwas näher besprechen wollen.

Die porösen Zellen im Daniell-Element. Wer die Zelle eines Daniell-Elementes betrachtet, das einige Zeit Dienste geleistet hat, wird finden, dass selbe mit eisblumenartigen braunen Linien, welche von Kupfer herrühren, überzogen ist, ja zuweilen innen und aussen

*) Ein Element dieser Art hat sogar am Orléans-Bahnhof in Paris über ein Jahr lang Dienste geleistet.

auch Ansätze von Kupferkörnern bemerken können. Leistet eine solche Zelle noch einige Zeit Dienste, so ist zu befürchten, dass eine leitende Verbindung zwischen Zink und Kupfer entsteht, das Element also in sich selbst geschlossen wird.

Ueber die Ursachen, welche dieser Erscheinung zu Grunde liegen, sind mancherlei Meinungen verbreitet. Nach einer derselben sollen metallische Bestandtheile der Thonzelle Anlass zu einem Kupferniederschlag geben.

Place schreibt dieselben dem Zinkschlamme zu, welcher sich an die Thonzelle anlegt (Pogg. Ann. 1857, Bd. C. S. 590, und Brix's Zeitschrift des Telegraphen-Vereines, IV. 7). Für letztere Ansicht sprechen folgende Thatsachen:

Erstens bleibt die Abscheidung aus, sobald das Element gar keine oder nur die Kupferelektrode enthält.

Zweitens tritt sie bald ein, sobald die Zinkelektrode eingeführt wird.

Sie wird drittens vermieden, sobald man diese in ein Leinwandsäckchen oder so in die Thonzelle stellt, dass sich der Zinkschlamm nicht an die Thonzelle anlegen kann.

Viertens beginnt die Kupferabscheidung immer an der dem Zinke zugewendeten Seite.

Der Zinkschlamm rührt nicht blos vom ausgeschiedenen Kupfer her, das dem zur positiven Elektrode gedrungenen Kupfersulfat entstammt, sondern auch von den verschiedenen Metallen, wie Eisen und Blei, welche im Zinke aufgelöst sind und bei dessen Umwandlung in Zinksulfat metallisch ausgeschieden werden.

Wir werden später sehen, wie auf sehr sinnreiche Weise der Widerstand der Zelle im Daniell-Elemente entweder sehr verringert oder dieselbe ganz weggelassen wurde, um den Nachtheilen auszuweichen, welche ihre Benützung mit sich bringt.

Die Ablagerung von Kupfer zu verringern oder ganz zu vermeiden, ist in dem

Kramer-Element angestrebt, und zwar dadurch, dass noch eine zweite poröse Zelle und ein zweiter Kupfercylinder angewendet wird, wodurch das Element folgende Zusammensetzung bekommt. Die eine Zelle, welche die Kupferelektrode und Kupfersulfat-Krystalle enthält, ist von einem Cylinder aus Kupferblech umgeben, welcher mit Längsschnitten versehen ist, deren Ränder nach aussen aufgebogen sind. Dieser Kupfercylinder, der mit dem inneren durch Ableitungsstreifen verbunden ist, steht gleichfalls in einer porösen Zelle, welche ebenso wie das äussere Gefäss, in das sie eingesenkt wird, verdünnte Schwefelsäure (1 : 100) enthält. Der Zinkcylinder endlich hat seinen Platz in dem ringförmigen Raume zwischen der äusseren Thonzelle, welche in der Figur 44 ebenso wie das Zink weggelassen ist.

Fig. 44.

Dieses Element kann mehrere Monate ohne Aufsicht in Gebrauch stehen, vorausgesetzt, dass es mit der nöthigen Menge Kupfersulfat beschickt ist. Ueber eine weiter ausgedehnte Verbreitung ist uns leider nichts bekannt.

## Telegraphen-Elemente.

Trog-Element. Im englischen Telegraphendienste werden meist verschliessbare, längliche Kästen aus Teakholz angewendet, welche die Elemente enthalten, deren Elektroden statt der runden eine flache Gestalt haben, was viel zu einer Platzersparniss beiträgt.

Ein länglicher Holzkasten ist durch 10 Schiefer- und 10 poröse Porzellanplatten in 20 Zellen getheilt, in welche abwechselnd eine Zink- und eine Kupferplatte tauchen. Diese sind paarweise mit einander verbunden und reiten auf den Schieferplatten. Die Zinke sind 7 Cm. lang, 5 Cm. breit, die Kupfer 17 Cm. im Quadrat. Die Unterhaltung einer 10elementigen Säule kostet jährlich 4.50 fl., also per Element 45 Kreuzer, was gewiss nicht viel ist; der Preis der ganzen Säule ist 12 fl. ö. W.

Jene Zellen, welche die Kupferplatten enthalten, sind mit Kupfersulfat, die anderen, in welche die gegossenen Zinkplatten tauchen, mit Wasser oder verdünntem Zinksulfat gefüllt.

Hauptvortheile dieser Säule sind: Die Unzerbrechlichkeit der Gefässe, leichte Verschickbarkeit, der bestimmte Abstand der Elektroden, welche nicht die porösen Platten berühren, Verhinderung der Verdunstung,

und dass sie einen Monat in Gebrauch sein können, ohne dass man den Deckel öffnet.

Nachtheile: die schwierige Herstellung der Tröge mit dichten Scheidewänden und dass gegossene Zinke angewendet werden. Dieser Umstand hat wahrscheinlich Anlass gegeben, dass die

Muirhead-Säule ersonnen wurde, von der heute noch in der Central post office 20.000 Elemente in Thätigkeit sind, und welche sich von der eben beschriebenen dadurch unterscheidet, dass der Kasten fünf Porzellanzellen enthält, die mit zwei Abtheilungen versehen sind, in denen die flachen Thonzellen stehen. Um den Uebertritt der Kupfersulfatlösung zum Zink möglichst zu verringern, wurde das

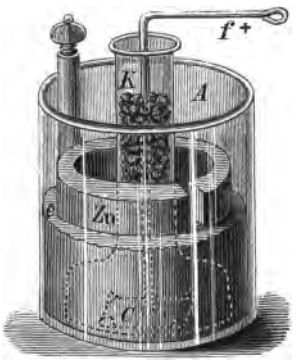
Siemens-Halske-Element zusammengestellt. Die von dem bekannten Berliner Elektriker ersonnene Umgestaltung des Daniell-Elementes besteht dem Grundgedanken nach in einer bedeutenden Verdickung der porösen Wand, was auf folgende Weise erreicht wird.

Auf den Boden eines cylindrischen Glases wird ein *S*-förmiger Kupferblechstreifen gelegt, zuweilen auch zwei, in deren Kreuzungspunkt, oder eine Platte, in deren Mitte ein nach aufwärts gehender Draht befestigt ist. Nachdem selbe mit Kupfersulfat-Krystallen bedeckt sind, wird eine Glocke aus porösem Thon darauf gesetzt, in welche eine Glasröhre eingekittet ist, und in die Glasröhre, durch die der Kupferdraht geht, Kupfersulfat-Krystalle eingefüllt. (Fig. 45.)

Auf die Glocke kommt der mit $^1/_4$ seines Gewichtes Schwefelsäure angerührte Papierbrei, welcher mit der

vierfachen Menge Wasser vermengt, nachdem die überschüssige Flüssigkeit ausgepresst wurde, sorgfältig geknetet wird, und ohne Zwischenräume zu lassen, eingefüllt und festgestampft werden muss. Auf die Papiermasse, welche die eigentliche poröse Scheidewand bildet, wird ein starker, ringförmiger, gegossener Zinkklotz, der mit einer Messingklemme versehen ist, aufgesetzt, vorher aber, nachdem ein Leinwandlappen aufgelegt wurde, Zinksulfat oder Bittersalz (schwefelsaures Magnesium) in Krystallen eingefüllt.

Fig. 45.




Soll das Element in Thätigkeit gesetzt werden; so giesst man in die Glasröhre und auf das Zink Wasser, dabei hat man aber wohl darauf zu achten, dass nicht zu viel Wasser in die Glasröhre gegossen wird und selbe dann überläuft, wodurch Kupfersulfatlösung das Zink benetzen würde.

Ist nach längerem Gebrauch der Vorrath von Kupfervitriol in der Glasröhre aufgebraucht, so kann man eine Nachfüllung derselben vornehmen.

Durch die dicke poröse Scheidewand wird zwar der innere Widerstand ausserordentlich gesteigert, dies hat aber nichts zu sagen, wenn das Element zu telegraphischen oder medicinischen (constanter Strom) Zwecken verwendet wird, da in diesen Fällen auch im äusseren

Stromkreis grosse Widerstände zu überwinden sind. Wir haben nicht ohne Bedacht blos gesagt, dass der Uebertritt von Kupfersulfat zum Zink verringert wird, denn er findet dennoch statt und bringt die bekannte störende Erscheinung hervor, die wir beim Daniell-Element besprochen haben.

Wird dieses Element andauernd gebraucht, so geschieht es gleichfalls, dass ganze Kupferadern die Papiermasse durchziehen und die Porzellanglocke sich vollständig mit Kupfer bedeckt.

Diesem Uebelstande zu begegnen, verfiel der englische Elektriker Varley auf den Gedanken, statt der Papiermasse Zinkoxyd zu verwenden, und so entstand das

Varley-Element, das wir nach einer Original-Beschreibung des Erfinders schildern wollen, welche G. Wiedemann in seinem Werke über Galvanismus, II. Aufl., III. Bd., S. 676, veröffentlichte. Das Element besteht aus einem Glase, dessen Boden eine Kupferplatte bedeckt, an der ein gut isolirter Ableitungsdraht befestigt ist. Dem nach aussen führenden Drahte gegenüber ist eine unten abgeschrägte Glasröhre eingeführt, die mit Kupfersulfat-Krystallen gefüllt wird. Die Kupferplatte wird zuerst mit einer Schichte Sägespähne, diese dann mit Zinkoxyd bedeckt, worauf eine Lage kohlensaures Zink und eine Lage Sägespähne folgt Das Ganze wird mit Wasser bedeckt, in das ein unten stumpf kegelförmiger Zinkklotz taucht, der durch seine Klemme an dem am Gefässrand ruhenden Ebonitdeckel befestigt ist. So sinnreich diese Zusammenstellung in allen Einzelheiten bis selbst auf den kegelförmigen Zink-

klotz ist — so geformt, damit sich die Gasblasen besser ablösen — hat dieses Element unseres Wissens keine weitere Verbreitung erlangt.

Der chemische Vorgang, welchen das Zinkoxyd veranlasst, ist einfach der, dass es den vordringenden Kupfervitriol seiner Schwefelsäure beraubt und das Kupfer als schwarzes Kupferoxyd abscheidet. Grössere Verbreitung, besonders in Italien und Indien, hat das

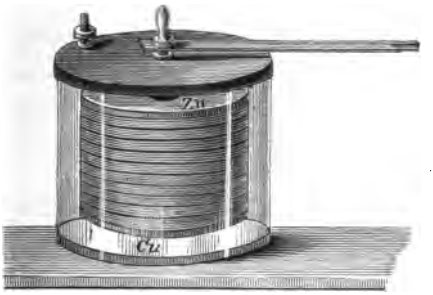
Minotto-Element erlangt, welches dem eben beschriebenen in der Anordnung seiner Theile gleicht. Auf dem Boden des Gefässes liegt eine Kupferspirale oder ein Blech aus diesem Metalle, von welchem ein isolirter Draht nach aufwärts führt. Nachdem diese Elektrode mit Kupfersulfat-Krystallen bedeckt wurde, wird Sand (Quarzsand und ja nicht Kalksteinsand) eingefüllt. Statt Sand ist auch der Gebrauch von Sägespähnen empfohlen. Als Abschluss kommt eine Löschpapierscheibe oder eine solche aus Leinwand und darauf die Zinkplatte, die zuweilen auch gewölbt angewendet wird.

Nach Angaben von Preece und Sivewright halten diese Elemente einen andauernden starken Gebrauch 18—20 Monate lang aus, und sollen, wenig benützt, 32 Monate Dienst leisten. Natürlich hängt dies vom Kupfersulfat-Vorrath ab, der ein bedeutender sein muss, da man ja nicht, wie bei dem Siemens- oder Varley-Elemente Krystalle nachfüllen kann.

Arsonval's Abänderung. In La lumière 1880, S. 352, macht Arsonval bekannt, dass er es für zweck-

mässig gefunden habe, den Sand durch Thierkohle zu ersetzen, weil diese die Eigenschaft besitzt, das Kupfersulfat zurück zu halten. Eine dreijährige Versuchsreihe hat gute Ergebnisse zu Tage gefördert, nur der Umstand ist zu beklagen, dass der innere Widerstand gesteigert wird.

Fig. 46.




Alle bisher beschriebenen Elemente haben den Nachtheil, dass sie während der Zeit, in welcher sie nicht gebraucht werden, wenn auch wenig, doch etwas verzehren. Diesem Uebelstande will das

Trouvé-Element mit Löschpapierscheiben abhelfen. Die Abbildung Fig. 46 zeigt uns ein Element dieser Zusammenstellung, das aus einer Zink- und einer Kupferplatte besteht, zwischen welchen eine grosse Anzahl von Löschpapierscheiben eingelagert sind. Die untere Hälfte dieser Scheiben, die sich zunächst der Kupferelektrode befinden, sind mit Kupfersulfatlösung getränkt, die oberen mit einer solchen von Zinksulfat. Wir dürfen nicht vergessen zu bemerken, dass diese Scheiben,

bevor sie eingelegt werden, getrocknet, und dass alle mit einer Oeffnung in der Mitte versehen sind, damit sie über den mit Hartgummi überzogenen centralen Ableitungsdraht der negativen Elektrode geschoben werden können.

Die Zinkplatte wird ebenfalls isolirt aufgeschoben und das Ganze dann mittelst einer Mutter, die sich auf das Gewinde des Kupferstiftes schraubt, an eine Hartgummi- oder Schieferplatte angepresst, die zugleich als Deckel dient.

Ein kurzer Stift, der gleichfalls mit einer Mutter versehen ist und vom Rande der Zinkplatte ausgeht, dient als negativer Pol.

Soll das Element in Thätigkeit gesetzt werden, so hält man es einige Minuten unter einen Wasserstrahl, bis eine leise Pressung der Platten zeigt, dass sich die Papierscheiben mit Wasser angesaugt haben, weil Wassertropfen am Rande sichtbar werden. Wird das Element dann in das Glasgefäss gegeben, so bleibt es feucht, weil das Wasser nicht verdampfen kann. Da im Gefässe keine Flüssigkeit enthalten ist, kann das Element leicht von einem Ort zum anderen gebracht werden. Wird es auf längere Zeit zur Seite gestellt, so werden die Scheiben getrocknet, indem man das Element einem Luftzug aussetzt. Sind die Papiere trocken, so ist natürlich auch jeder Verbrauch ausgeschlossen.

Beim Gebrauche des Elementes rückt die Grenze zwischen Zinksulfat- und Kupfersulfatpapier immer weiter der Kupferplatte zu, da ja Kupfersulfat verbraucht und Zinksulfat erzeugt wird; endlich ist letzteres fast ganz aufgebraucht, was aber doch einige Monate währt, und

man muss zur Neubeschickung schreiten, die wie nachfolgt geschieht.

Man füllt eine Wanne bis zu solcher Höhe mit Wasser, dass dessen Oberfläche, wenn das Element eingetaucht ist, nur wenig unter die Mitte der Papierscheiben reicht; merkt sich diesen Stand an der Gefässwand mit einem Striche ein für allemal an und senkt das Element ein; der im unteren Theile enthaltene Zinkvitriol löst sich auf. Ist dies geschehen, leert man die Wanne aus und füllt sie bis zur Marke mit Kupfersulfatlösung. Senkt man nun wieder das Element ein, so nehmen die ausgelaugten Papiertheile das Kupfersulfat auf und das Element ist neu beschickt.

Die Handlichkeit dieser Elemente, ihr ziemlich gleichbleibender Widerstand, der Umstand, dass sie nur des Eintauchens in Wasser bedürfen, um dienstbereit zu sein, dass sie ferner während der Ruhe, wenn man für sorgfältige Trocknung gesorgt hat, nichts verzehren, hat sie besonders geeignet erscheinen lassen zu Kriegs- und medicinischen Zwecken. Trouvé hat daher auch eine

Tragbare Feldbatterie zusammengestellt, welche aus 9 Elementen besteht, die auf 3 Kästen vertheilt sind, deren jeder aus Hartgummi hergestellt und mit einem Deckel aus Schiefer versehen ist. Der letztere trägt die 3 Elemente und die Verbindungsstreifen, welche, sobald der aus Eichenholz gefertigte Kasten geschlossen wird, die richtige Verbindung der Säulen zu 3 Elementen zur Säule mit 9 Elementen herstellen. Jedes der Elemente hat einen Durchmesser von 65 Mm. und eine Dicke von 30 Mm. Einen bedeutend kleineren Durchmesser haben die

Medicinischen Elemente, die ungefähr so gross als ein Vierkreuzerstück sind und dabei eine Höhe von 30 Mm. haben, ein Verhältniss, welches unabweislich dem Elemente einen hohen Widerstand verleiht, was aber gerade für die Zwecke, zu welchen sie verwendet werden, günstig ist, da Ströme von 60—70 Elementen durch den Körper geleitet werden, die, hätten sie geringen Widerstand, die Haut an jenen Stellen, wo sie eingeführt werden, beschädigen würden.

60—80 solcher Elemente sind an einer Hartgummiplatte befestigt, welche den Deckel eines gut gedichteten Holzkastens bildet. Im hohlen Deckel ist der Stromwechsler untergebracht, der gestattet, mehr oder weniger Elemente zu benützen. Der grosse Widerstand macht auch den Verbrauch an Kupfersulfat gering, von welchem Stoffe eine ziemlich grosse Menge aufgespeichert ist, wodurch das Element sehr dauerhaft wird.

Bisher haben wir gesehen, dass man durch Verdicken der porösen Wand den Uebelständen, welche die Daniell-Elemente bieten, begegnen wollte. Zu fast derselben Zeit hatten verschiedene Erfinder den Gedanken, die Flüssigkeiten durch die verschiedene Dichte derselben zu trennen, wodurch die poröse Zelle und die Unannehmlichkeiten, welche mit der Anwendung derselben verknüpft sind, glücklich umgangen waren.

Schon im Jahre 1855 hat Varley auf ein solches Element ein Patent genommen, das wir kurz, nach Wiedemann's »Galvanismus« (2. Aufl., 3. Bd., S. 676) beschreiben wollen.

Varley-Element. Ein viereckiger Kasten, der mit einem Deckel versehen ist, besitzt zwei Scheidewände, von welchen eine vom Boden aus in die Hälfte des Gefässes hinaufragt, während die zweite, von oben kommende in derselben wagrechten Ebene endigt, bis zu welcher die andere aufsteigt. Die Scheidewände sind jede in etwa $^1/_3$ der Länge der Wanne angebracht und befindet sich die Kupferelektrode zwischen der Wand derselben und der Scheidewand, die von unten kommt, das Zink dem entsprechend am entgegengesetzten Ende. Nachdem das Kupfer mit Kupfersulfat-Krystallen umgeben ist, wird das Ganze mit Wasser angefüllt. Das eben beschriebene Element war, wie es scheint, niemals ernstlich eingeführt; grosse Verbreitung fand jedoch das bald darnach zusammengestellte

Fig. 47.

Meidinger-Element (Fig. 47), welches aus einem grossen Glase *A* besteht, das im unteren Drittel verengt ist. Auf dem Boden desselben steht ein zweites, kleines Gefäss, das etwas über die Verengung reicht, in welchem sich die negative Elektrode aus Kupfer oder Blei befindet, die bis zum oberen Rande des Gläschens reicht und mit einem sorgfältig isolirten Ableitungsstreifen versehen ist. Auf dem Absatze, welcher durch die Verengung des äusseren Gefässes entsteht.

ruht der Zinkcylinder. Das Glas ist mit einem Holz- oder Glasdeckel versehen, welcher in der Mitte eine Oeffnung besitzt, die zur Aufnahme eines Glastrichters dient, der in das kleine Gläschen reicht und Kupfersulfat-Krystalle enthält. Das ganze Gefäss wird ursprünglich blos mit Wasser oder, um den Widerstand zu verringern, mit Bittersalzlösung (Magnesiumsulfat), die minder dicht als die des Kupfersulfates ist, gefüllt. Setzt man den Trichter ein, so löst sich selbes allmählich auf.

Da der Trichter nur eine verhältnissmässig geringe Menge Kupfersulfat aufnehmen kann, was zu sehr lästigen, sich häufig wiederholenden Arbeiten Anlass giebt, wenn von dem Elemente beständiger Dienst gefordert wird, wie z. B. in Norddeutschland, wo die Stationen mit ununterbrochenem Strome (Ruhestrom) arbeiten, (Verhältnisse, unter welchen sich gerade diese Elemente nützlich zeigen), ging Meidinger bald daran, den Trichter durch einen Ballon zu ersetzen und zwar in ähnlicher Weise, wie schon früher beim Daniell-Elemente angegeben wurde.

Ballon-Element. Die badische Telegraphen-Verwaltung führte dieses Element (Fig. 48) schon vor 22 Jahren ein und die preussische im Jahre 1869; auch im österreichischen Eisenbahndienst gewann diese Form grosse Verbreitung. Fast ausschliesslich verwenden jedoch die russischen Bahnen und der Staatstelegraph dieses Element. Die Lyoner Eisenbahn benützt gleichfalls das Ballon-Element bei den Läutewerken für Uebergänge im Niveau, welche ununterbrochenen Strom fordern.

Fasst der Ballon, wie Dr. Dehms vorschlug, 1 Kgr. Kupfersulfat, so kann das Element ein Jahr, ja selbst 14 Monate ohne jegliche Nachhilfe Dienste leisten.

Zu erwähnen ist noch, dass die Elemente ziemlich grossen Widerstand besitzen, und zwar nach Dr. Dehms, der Grösse folgend, 4—9 Siemens-Einheiten, von welchen

Fig. 48.

Zahlen man gewöhnlich die letztere annehmen darf Werden die Elemente nicht auf mehreren Linien gleichzeitig verwendet, was ja in kleinen Stationen selten vorkommt, so fällt dieser Umstand nicht allzuschwer in die Wagschale. Dieses Element gestattet noch leichter als das vorige zu überwachen, wie viel Kupfersulfat vorräthig ist. Um auch den Anschaffungspreis zu vermindern werden in beiden Elementen die Kupferelektroden durch solche aus Blei ersetzt, das sich ja

bald mit Kupfer beschlägt und den Vortheil bietet, dass man angesetztes Kupfer durch Biegen der Elektrode leicht entfernen kann. Werden die Ableitungsstreifen auch aus Blei hergestellt, so erspart man die Isolirung, weil die Flüssigkeit dieses Metall nicht angreift.

Als Nachtheil dieses Elementes wollen wir auch anführen, dass Untersuchungen ergeben haben, ein Vorhandensein stets gesättigter Lösungen vermehre sehr den Verbrauch.

In neuerer Zeit bringt Meidinger gleich weite Gefässe in Anwendung, und lässt die Zinkcylinder bis zum Boden hinabreichen; es ist dies eine Einrichtung, die zwar den Widerstand sehr vermindert, den Raum für Flüssigkeit vermehrt, aber ein Ueberwachen des inneren Gläschens ganz unmöglich macht und leicht Anlass giebt, dass sich Kupferschwamm am Zink niederschlägt, der endlich bis ins Gefäss reichen kann.

Uebersehen darf nicht werden, dass die Oeffnung des Röhrchens, welches in dem Korke steckt, der den Ballon verschliesst, eine dem Verbrauche angemessene Weite hat, weil sonst leicht das Kupfersulfat zu hoch steigen kann. Der oben berührte Uebelstand ist im

Krüger-Elemente dadurch behoben, dass der Zinkcylinder nicht bis zum Boden reicht; er ist am Rande des Gefässes aufgehängt. Der Kupfercylinder dagegen, der durch Einrollen von dünnem Blech hergestellt wird, und von Holzpflöckchen, die im Zink eingelassen sind, gehalten wird, geht bis hinab zum Boden. Um ihm eine bessere Standesfestigkeit zu geben, sind

drei Streifen als Füsse herausgebogen. Die dadurch entstehenden Spalten leisten der Bildung und Ausbreitung der Kupfersulfatlösung Vorschub, da die Beschickung in der Art erfolgt, dass man, wenn das Gefäss mit Wasser oder Bittersalzlösung gefüllt ist, die Kupfersulfat-Krystalle einfach in den Kupfercylinder hineinwirft.

Wie aus der Beschreibung hervorgeht, ist dieses Element sehr einfach und kommt in Folge dessen billig zu stehen, auch ist sein Widerstand ein geringerer; zu befürchten bleibt nur, dass der Kupfercylinder an der Trennungsstelle von Kupfersulfat und Bittersalz zerstört wird und dass im oberen Theile eine Ausgleichung des Stromes durch die letztere Flüssigkeit stattfindet, wodurch unnützer Kupferverbrauch entsteht, da es so, auch bei offenem Stromkreis, geschlossen ist, was freilich auch verhindert, dass sich Kupfer am Zink niederschlägt.

Diese Vorgänge, welche im Elemente stattfinden können und die wir nur andeutungsweise berührten, sind geschickt verhindert in dem

Candido-Elemente, dessen Erfinder über den Kupfercylinder eine Porzellanröhre schiebt, die mit 3 Ansätzen versehen ist, auf welchen der Zinkring ruht. Der untere Theil des mehrfach durchlöcherten, mit Sand gefüllten Cylinders geht in eine, den Boden des Gefässes bedeckende Scheibe über.

Das Element wird beschickt, indem man es mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 20) füllt und die Kupfersulfat-Krystalle auf den feuchten Sand auflegt.

Unzweifelhaft könnte man das Element, wie wir schon an anderer Stelle vorgeschlagen haben, dadurch vereinfachen und seinen Preis verringern, wenn der Kupfercylinder ganz fortgelassen und die Kupferscheibe durch eine solche aus Blei ersetzt würde, von der ein Streifen aus gleichem Metalle nach aufwärts führt. Wie uns dünkt, würde dieses Element sich dadurch empfehlen, dass es leicht beschickt und die Höhe der Kupfersulfatlösung leicht überwacht werden kann und dass sich die Auflösung der Krystalle durch die Sandschichte, welche die Beweglichkeit der Flüssigkeiten vermindert, langsamer vollzieht, was ein Ersparniss herbeiführt. Anschliessend wollen wir das gewissermassen sehr ähnliche

Fig. 49.

Gaiffe-Element besprechen, dessen Beschreibung wir dem V. Bd. von »La lumière électrique« 1881, p. 78, entnehmen. (Fig. 49.)

Dieses Element erinnert gleichzeitig an das Kramer-Element, da es wie dieses eine Einrichtung besitzt, die einem Vordringen der Kupfersulfatlösung bis zum Zink Halt gebietet.

Der an einem Haken aufgehängte Kupfercylinder, der nur so weit abwärts reicht, als der äussere Zinkcylinder, setzt sich nämlich nach aussen in einen Kupferdraht fort, welcher dann längs der Porzellanröhre nach

abwärts geht und nahe dem Boden sich um selbe herumschlingt.

Wir dürfen nicht vergessen, zu bemerken, dass die Porzellanröhre im oberen Theile, soweit Kupfer- und Zinkcylinder reichen, porös ist und mit Kupfersulfat-Krystallen gefüllt wird. Nachdem aussen auch noch der Boden mit solchen bedeckt wurde, wird das Gefäss sodann mit gesättigter Zink- oder Magnesiumsulfatlösung beschickt.

Hat im Innern der Röhre die Kupfersulfatlösung den porösen Theil erreicht, so sinkt sie nach aussen abwärts, ein Vorgang, der sich sehr langsam vollzieht.

Ist der Strom geschlossen, so wird zuerst diese Lösung zur Aufzehrung des Wasserstoffes benützt, da die Lage des Ringes so gewählt ist, dass der Widerstand der zwischen ihm und dem Zinkcylinder befindlichen Flüssigkeitsschichte geringer ist als jener im oberen Theile.

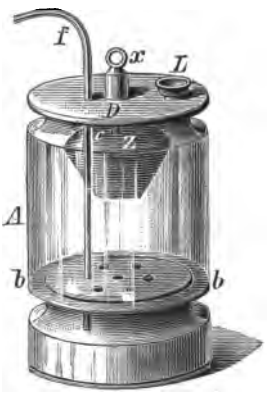
Auch bei diesem Elemente gilt das vom Krüger-Element Gesagte; es kann gleichfalls betrachtet werden als ein Daniell-Element, das durch ein Zink-Kupfer-Bittersalz-Element geschlossen ist, wenn alles Kupfersulfat um den Kupferring herum verbraucht ist.

Einer eigenthümlichen Abänderung des Meidinger-Elementes wollen wir noch gedenken, die seit 9 Jahren bei der Buschtěhrader-Bahn eingeführt ist, nämlich des

Kohlfürst-Element, dessen Beschreibung und Abbildung nebst Tafel über sein Verhalten wir einem gelegentlich der Pariser Elektricitätsausstellung veröffentlichten Schriftchen entnehmen.

Das gekröpfte Glas *A* (Fig. 50) dieses Elementes verschliesst ein gusseiserner Deckel *D*, welcher nach unten den auf einem Messingstifte *C* eingeschraubten kegelförmigen Zinkblock *Z*, nach oben die angegossene Klemmschraube *x* trägt. Als zweiter Pol dient ein S-förmig gebogenes Bleiblech, das auf dem Boden des Standglases ruht und von dem ein mit Guttapercha isolirter Draht *f* nach aufwärts führt.

Fig. 50.




Der Raum bis zur Einkröpfung *bb* wird mit Kupfervitriol-Krystallen gefüllt, und auf *b b* liegt eine unglasirte Thonplatte.

Die Füllflüssigkeit (eine gewöhnliche Lösung von Zinkvitriol oder Magnesiumsulfat [Bittersalz]) wird durch die sonst mit einem Pfropf verschlossene Trichteröffnung *L* eingegossen, sobald das Element fertig und an seinen Bestimmungsort gebracht ist.

Um das Auswittern der Salze zu verhindern, bestreicht man den Rand des Standglases vor der Aufsetzung des Deckels *D* mit einer dickflüssigen Gummilösung. Die einmalige Füllung reicht in Linien mit stärkster Inanspruchnahme auf 6 bis 8 Monate, in Linien mit schwacher Inanspruchnahme auf 10 bis 14 Monate. Die elektromotorische Kraft des Elementes ist = 11.35 Jacobi, der Widerstand 5.0 Siemens, die Constanz eine eminente.

Die Handhabung und Pflege dieser Art Batterien ist äusserst einfach und wird anstandslos vom gewöhnlichen Eisenbahn-Personal der Station besorgt.

Dieses Element wird für alle elektrischen Signal- und Telegraphen-Einrichtungen bei der ausschl. privil. Buschtěhrader Eisenbahn benützt.

Früher standen bei der Buschtěhrader Eisenbahn offene Meidinger'sche und Krüger'sche Elemente in Verwendung; der ökonomische Vortheil der beschriebenen neuen Form, welche seit 1873 successive eingeführt wurde, erhellt aus nachstehendem Auszuge aus den statistischen Berichten der General-Direction.

| Jahr | In Thätigkeit standen | | Die Kosten der Batterien betrugen: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Elemente | Elektro-magnete | in Summa | | pr. Elektro-magnet | | pr. galvan. Element | |
| | | | fl. | kr. | fl. | kr. | fl. | kr. |
| 1873 | 2604 | 744 | 6702 | 88 | 9 | 00·9 | 2 | 57·4 |
| 1874 | 2582 | 1114 | 7246 | 95 | 6 | 50 | 2 | 80·6 |
| 1875 | 2556 | 1135 | 6754 | 61 | 5 | 95 | 2 | 60·4 |
| 1876 | 2723 | 1237 | 6288 | 46 | 5 | 08 | 2 | 30·9 |
| 1877 | 2871 | 1249 | 3957 | 36 | 3 | 17 | 1 | 37 8 |
| 1878 | 2726 | 1235 | 2892 | — | 2 | 34 | 1 | 06·0 |
| 1879 | 2630 | 1168 | 2382 | 65 | 2 | 00·4 | — | 90·5 |
| 1880 | 2637 | 1165 | 2164 | 42 | 1 | 85·7 | — | 85·0 |

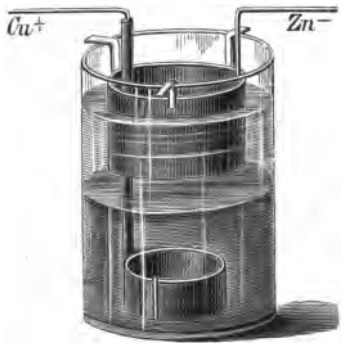
Die einfachste Gestalt wurde dem Daniell-Elemente ohne Zelle durch Callaud im Jahre 1861 gegeben. Im Nachfolgenden wollen wir das

Callaud-Element, so wie es Bernier bei der Orléans-Eisenbahn eingeführt hat, beschreiben.

An dem oberen Rande eines Glasgefässes von 20 Cm. Höhe und 13 Cm. Durchmesser (Fig. 51) hängt

vermittelst dreier angenieteter Winkel der 5 Cm. hohe Zinkcylinder. Die negative Elektrode, welche am Boden liegt, wird von einem Kupferblechstreifen gebildet, der zu einem Cylinder von 3 Cm. Höhe und 4 Cm. Durchmesser zusammengebogen und mit einem isolirten Ableitungsdraht versehen ist. (Die Telegraphen-Verwaltung verwendet 7 Cm. hohe Zinke.)

Fig. 51.




Um den Widerstand zu verringern, wird nach einem Vorschlage von Baron die Oberfläche durch spiralförmiges Einrollen der Elektroden verdoppelt, wodurch das Zinkband eine Länge von 47 Cm. erhält.

So einfach die Zusammenstellung ist, mit eben so vielen Schwierigkeiten ist die Beschickung verknüpft, bei welcher es sich empfiehlt, folgendes Verfahren zu beobachten.

Hat man das Zink eingehängt, so wird bis 1 Cm. unter den unteren Rand desselben Wasser, oder besser ein Zehntel Zinksulfatlösung eingefüllt, welche man sich durch Verdünnung alter Elementfüllungen leicht bereiten kann.

Die Kupfersulfatlösung einzuführen, bedient man sich nach Bernier eines aus einem Kautschukschlauch hergestellten Hebers,*) der bis zum Boden reicht. Man

*) Um einem solchen Heber eine bestimmte Gestalt zu geben, zieht man einen Draht durch, den man an den Schlauchenden befestigt. Drög, Elektro-techn. Zeitschrift 1881.

lässt so lange zulaufen, bis das Kupfersulfat, welches sich in der obersten Schichte mit Zinksulfat mischt, nur mehr $^1/_2$ Cm. unter dem Zinke steht.

Diese Füllung reicht für einen ganzen Monat hin, nach dessen Verlauf, nachdem etwa $^1/_2$ Cm. der oberen Flüssigkeit entfernt wurde, Kupfersulfat nachgefüllt wird; war aber dieselbe ohnehin durch Verdunstung geringer geworden, so fügt man erst Wasser hinzu.

Den Anweisungen zufolge, welche die Beamten der Orléans-Eisenbahn im Jahre 1871 empfingen, sollen die Elemente alle 3 Monate zerlegt werden, füllt man aber alle Monate nach, so können sie ein ganzes Jahr in Thätigkeit bleiben. Nach dieser Frist werden sie auseinander genommen und das Zink sorgfältig abgekratzt, um alle Ansätze zu entfernen, und sodann die Flüssigkeit, wie schon beschrieben, erneuert.

Nach einer dreijährigen Beobachtung, angestellt durch verschiedene Personen an 28 Batterien zu 18 Elementen, aufgestellt in eben so vielen Stationen, verursacht ein Element per Jahr 32 kr. Auslagen.

Houzeau giebt 1878 in den Annales télégraphiques (Novbr. Decbr. 1878) folgende Auskunft über das Füllen der Callaud-Elemente, wie es in der Central-Postverwaltung in Paris (rue de Grenelle) vorgenommen wird.

Die Lösungen von Kupfersulfat und Zinksulfat werden in grossen Kufen im Voraus bereitet und zwar von einer solchen Sättigung, dass erstere 23°, die letztere 8° B. zeigt. Ist nach mehreren Monaten die Dichte auf 25—30° B. gestiegen, was meist der Fall ist, so muss selbe auf 20° B. zurückgebracht werden, weil sonst Salz-

ausblühungen stattfinden, die unangenehme Folgen haben können.

Ueber den Widerstand des Callaud-Elementes, der durch geeignete Anordnung der Elektroden in den grösseren und kleineren Elementen ziemlich gleich ist, giebt Cailleret (Annales télégraphiques, Juli 1877) einigen Aufschluss.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 26. Jänner | 1876 | Widerstand | 32·5 | Siemens-Einheiten | |
| 29. | » | » | 25 | » | » |
| 4. Februar | » | » | 17·5 | » | » |
| 12. | » | » | 11·5 | » | » |
| 16. | » | » | 10·5 | » | » |
| 25. | » | » | 9·25 | » | » |

Die gereinigte und neu beschickte Säule ergab

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 31. Mai | 1876 | Widerstand | 5 | Siemens-Einheiten | |
| 6. Juni | » | » | 4·6 | » | » |
| 22. | » | » | 4·5 | » | » |
| 2. Juli | » | » | 4·5 | » | » |

Zu demselben Ergebniss war schon vorher Gaugain gelangt, der eine vergleichende Untersuchung angestellt hatte und selbe im Jahre 1875 und 1876 veröffentlichte, denn er fand zu Beginn 37 Einheiten, nach 23 Tagen 5·5 Einheiten, was alles beweist, dass der Widerstand dieses Elementes sehr stark wechselt, nach einiger Zeit aber sehr gering wird.

Dieses Element ist ziemlich verbreitet und hat nur in den verschiedenen Ländern andere Gestalten angenommen, so dass es theilweise in das Meidinger-Element übergeht, wie wir später sehen werden.

Die Pariser Centralpost wendet 500—800 grosse Elemente an, die Orléans-Eisenbahn hingegen zieht des

billigeren Preises wegen die kleineren vor, die in Kästen auf Rollen unter den Tischen stehen und zur Beschickung hervorgezogen werden, ein Verfahren, durch welches am besten der Vorwurf, welchen Sivewright diesem Elemente macht, dass es unbedingter Ruhe bedürfe, widerlegt wird. In England wurde dieser Ursache wegen das Element aufgegeben.

Auch in den Vereinigten Staaten stehen diese Elemente in Verwendung und schreibt Jones von der Western Union Telegraph Company in einer anerkannten Fachschrift über dieses Element: »Die monatlichen Ausgaben für den Unterhalt von 600 Callaud-Elementen, die in 3 Säulen zusammengestellt sind, welche 10 Stromkreise bedienen, beträgt ungefähr 30 Dollars«, d. i. also 10 kr. ö. W. per Element und Monat. (Vrgl. Kohlfürst's Tafel S. 195.) Das

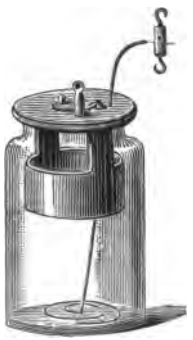
Trouvé-Callaud-Element führen wir an, um ein Beispiel zu geben, wie zu ausserordentlich billigen Preisen, wenn verschiedene Kunstgriffe benützt werden, ein Element hergestellt werden kann.

Dieses Element, das jenem sehr ähnlich ist, das die Orléans-Eisenbahn benützt, welches aber besonders für medicinische Zwecke gebaut wurde, hat ein Glasgefäss von 12 Cm. Höhe, 7 Cm. Weite, und kostet 28 kr. ö. W. Der Zinkcylinder wird durch 3 Ausbiegungen gehalten, die man mit einer Zange herstellt. Die negative Elektrode besteht aus einer ebenen Drahtspirale, der im Mittel aufsteigende Ableitungsdraht ist durch eine übergeschobene Glasröhre geschützt. Die

Poldrähte der Zinke sind zu cylindrischen Spiralen eingerollt, die sich federnd auf diese Drähte aufstecken.

In Oesterreich sind die Callaud-Elemente mit Deckeln versehen, an welche die Zinke angeschraubt werden (Fig. 52). Die grösste Form hat Gläser von 25 Cm. Höhe und 12 Cm. Durchmesser. Die bei der deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung gebräuchlichen Elemente haben ein cylindrisches Glas von 15 Cm. Höhe, 10 Cm. Durchmesser, der an 3 angegossenen Armen hängende Zinkring hat eine Höhe von 5 Cm. und ist 7 Mm. stark. Die untere Kante steht 7 Cm. vom Boden ab, auf dem eine Bleiplatte, welche 1 Cm. dick ist, liegt; sie ist 5 und 7 Cm. breit, ein 18 Cm. langer, 6 Mm. starker, mit Bleirohr umhüllter Eisendraht dient zur Ableitung. Die Zinksulfatlösung hat meist eine Dichte von 1·2.

Fig. 52.



In Italien wendet man Gläser an, welche etwas unter der Mitte von 10 Cm. auf 5 Cm. eingeschnürt sind, wodurch die Nasen an den Zinkelektroden überflüssig werden, indem der untere Rand derselben auf der Einschnürung aufruht.

In den Vereinigten Staaten hat Lockwood dem Callaud-Elemente eine andere Gestalt gegeben und ist unter dem Namen

Lockwood-Element dort folgende Zusammenstellung verbreitet. In einem dreiarmigen y-förmigen

Metallstücke, das am Rande eines 14 Cm. weiten, 28 Cm. hohen Glases ruht, hängt ein gegossener, der Vergrösserung der Oberfläche wegen eigenthümlich geformter Zinkklotz (Fig. 53). 6 Cm. unterhalb der positiven Elektrode befindet sich eine zur negativen Elektrode gehörige Kupferspirale. Diese Elektrode besteht aus 2 lothrecht übereinander befindlichen ebenen, entgegengesetzt gewundenen Drahtspiralen, deren eine am Boden liegt und mit Kupfersulfat bedeckt ist, während sich die andere, oben erwähnte, nahe dem unteren Rande des Zinkes befindet, was den inneren Widerstand gewiss vermindert und auch den Kupferniederschlag auf dem Zink verhindert, gewiss aber auch jenen Nachtheil bringt, den wir beim Krüger-Elemente besprochen haben. Zwischen beiden Spiralen sind etwas über 2 Kgr. Kupfersulfatkrystalle eingefüllt.

Fig. 53.

Als Erregungsflüssigkeit dient eine Lösung von 200 Gr. Zinksulfat. Den Strahl der Flüssigkeit beim Einfüllen zu brechen, legt man auf die obere Spirale eine Löschpapierscheibe. Die Verdunstung und Efflorescenz zu vermeiden, wird Oel aufgegossen.

Granfeld-Element. Eine ganz eigenthümliche und wie es scheint recht zweckmässige Gestalt hat dem Daniell-Elemente ohne Zelle der österreichische Telegraphen-Commissär Granfeld gegeben. Es besteht aus 2 vereinigten cylindrischen Gefässen, die oben in Verbindung stehen, unten durch die Glaswand geschieden werden.

In das eine kommt Kupfersulfat und die Kupferelektrode, in dem anderen hängt an einem Häkchen der Zinkcylinder, dessen unterer Rand mit der Scheidewand in einer Linie stehen soll. In den Zinkcylinder wird beim Füllen die Flüssigkeit eingegossen, damit nicht Kupfersulfat zu demselben herübergespült wird.

Diese Elemente sind versuchsweise seit 1878 im österreichischen Telegraphendienst eingeführt worden und haben befriedigende Ergebnisse geliefert. Ihr innerer Widerstand beträgt 6 bis 8 Ohm, da die Beschickung nur mit Wasser erfolgt; der Widerstand hängt von der Höhe der Scheidewand ab.

Rollet-Element. Rollet legt (nach Wiedemann, die Lehre vom Galvanismus, 2. Aufl.) die Kupferelektrode, in Form eines Spiralbandes, auf den Boden eines tubulirten Gefässes, während das mit Löchern versehene, gegen die Mitte abgeschrägte Zink verschiebbar an dem Holzdeckel desselben befestigt ist. Ein Kautschukschlauch, 10 Cm. lang, 1·5 Cm. weit, führt von dem Tubus zu einem tubulirten Cylinder, welcher das Kupfersulfat enthält. Wird das Element nicht gebraucht, so sperrt man den Schlauch mit einem Quetsch-

hahn ab und schliesst den Strom so lange kurz, bis die Flüssigkeit entfärbt ist.

Das Element wird mit Bittersalzlösung von 1·01 spec. Gew. gefüllt.

Der Strom ändert sich in 9 Stunden nur etwa in dem Verhältnisse von 175 : 186, ist also sehr constant; dabei kommt ihm noch der geringe Widerstand des Elementes zu gute. Aehnlich ist das

Terquem-Callaud-Element, dessen Beschreibung wir einem Berichte der »Société française de physique« (April—Juli 1882) entnehmen. Das mit einem Tubus versehene Glasgefäss ist 16 Cm. weit, 23 Cm. hoch, so dass es etwa 5 Liter enthält. Der Tubus nimmt eine innen 2 Cm. nach aufwärts gekrümmte Glasröhre auf, die mit einem Hahne versehen ist.

Ein 7 Mm. starkes und 7—12 Cm. breites Zinkblech bildet eine 1 Mtr. lange Spirale von 3 Windungen, die 3 Kgr. wiegt und an einem Messingkreuz, das am Rande des Glases ruht, mittelst Klemmen aufgehängt ist.

Die negative Elektrode besteht aus einer Kupferscheibe; an dieser ist in der Mitte ein mit Isolirmittel überzogener Stab, der nach aufwärts geht, befestigt; eine darüber geschobene Glasröhre reicht bis fast an die Platte hinab; sie wird gehalten von einem 3 Cm. weiten Ringe, an dem die 4 Arme des Kreuzes angegossen sind. (Fig. 54.)

Die angewendete möglichst reine Zinksulfatlösung hat eine Dichte von 1·20 bei 20° C., bei welcher sie die grösste Leitungsfähigkeit besitzt (50 Th. Krystalle

auf 100 Th. Wasser), also 2·5—3 Kgr. für die angeführten Masse.

In 1 Liter der Flüssigkeit löst man bis zur Sättigung Kupfersulfat auf, die man durch die mittlere Röhre erst dann eingiesst, wenn das Gefäss schon die Zinksulfatlösung enthält. Die Röhre *G* wird dann ganz mit Kupfersulfat-Krystallen angefüllt.

Um jede Vermischung der Flüssigkeit zu vermeiden zieht man 1 oder 2 mal im Tage, je nach dem Bedarf durch den Hahn Flüssigkeit ab (etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ Liter in 24 Stunden genügen). Die abgezogene Flüssigkeit, die sich bei längerem Gebrauch in zu grosser Menge ansammelt, wird mit Zinkabfällen versetzt, um das Kupfer niederzuschlagen, und kann dann neuerdings benützt werden, indem man sie in den mit einem Filter versehenen Trichter eingiesst. Um jede Kupferabscheidung am Zink zu verhindern, kann man endlich in das Element auch ein Zinkstück einhängen.

Fig. 54.

Der Widerstand beträgt 1·578 Ohms.

Plush-Element. Eine kaum zweckmässige Abänderung des Callaud-Elementes dürfte die von Dr. Plush (»La lumière électrique«, 1880, p. 178) angegebene sein, welche darin besteht, dass in der halben

Höhe des Glases ein Kupferblechsieb an 3 Drähten eingehängt wird, das Zinkabfälle trägt, die als Lösungselektrode dienen.

Ein Rohr, welches durch die Mitte des Siebes bis zum Boden geht, dient zum Einwerfen von Kupfersulfat-Krystallen.

Bei diesem Elemente dürfte sich freilich kaum Kupfer am Zink niederschlagen; durch die Berührung mit dem Kupfersieb, das als Pol des Zinkes dient, wird aber ein immerwährender Zinkverbrauch, wie in einem geschlossenen Elemente, bedingt; einen Vortheil bildet die Verwendbarkeit von Abfällen.

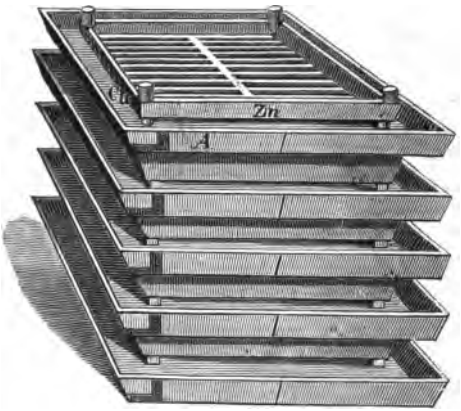
## Elemente für elektrische Beleuchtung.

Die grosse Beständigkeit, sowie der Umstand, dass Daniell-Elemente gar keine schädlichen Ausdünstungen verursachen, lassen sie sehr zur Anwendung in Zimmern und zur elektrischen Beleuchtung geeignet erscheinen. Hindernd tritt die Schwäche des Stromes, welchen sie liefern, in den Weg. Da dieselbe zumeist von dem grossen inneren Widerstand herrührt, wurden verschiedene Versuche gemacht, denselben zu verringern, und so entstand auch die

Carré-Säule. Diese unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von einer gewöhnlichen nach Daniell, dass ihre Elemente statt poröser Zellen aus Thon, solche aus Pergamentpapier besitzen. 60 solche Elemente, deren Zinkcylinder 55 Cm. hoch sind und 11 Cm. Durchmesser haben, genügen zur Erzeugung elektrischen Lichtes, und kann diese Säule 200 Stunden ohne merk-

bare Schwächung Dienst leisten, wenn man dafür sorgt, dass alle 24 Stunden ein Theil der Zinksulfatlösung durch Wasser ersetzt wird. Leider steht einer regeren Verwendung dieser Säule die Gebrechlichkeit der Zelle entgegen; wir werden später sehen, wie dieser Uebelstand umgangen werden kann. Auf geschickte Weise ist dies in der

Fig. 55.




William Thomson-Säule (auch Säule nach Bottomley genannt, Fig. 55) geschehen, welche der ausgezeichnete Physiker nach der Art des Oersted'schen Trogapparates zusammenstellte; die Form erinnert gleichzeitig stark an die von Jacobi erfundene Kammersäule, auf welche wir hier nicht weiter eingehen wollen, deren Beschreibung in Pogg. Ann. XLIII., S. 328, 1838, nachgelesen werden kann. Holztassen, die mit Blei ausgeschlagen sind, das am Boden mit Kupferblech bedeckt ist, dienen als Gefässe und negative Elektroden. Die

positiven, aus Zink bestehenden, haben eine rostförmige, durch Guss hergestellte Gestalt und ruhen auf 4 Holzklötzchen, welche in den 4 Ecken angebracht sind. Als poröse Zelle dient gleichfalls ein Pergamentblatt, das einfach um den Rost herumgeschlagen wird, wobei man darauf zu achten hat, dass die 4 Ecken frei bleiben, auf welche dann das nächste Element derart gestellt wird, dass von dem Bleibeschlag ausgehende Metallstreifen mit dem Zinkrost in Berührung kommen, wodurch auf sehr einfache und sichere Art die Verbindung der Elemente auf Spannung erreicht wird. Es ist unbedingt nothwendig, dass man auf eine möglichst wagrechte Stellung der Wannen achtet, welche man darnach beurtheilt, dass ein wenig ausgegossene Flüssigkeit sich über den ganzen Boden hin vertheilt. Die Kupfersulfat-Krystalle werden sodann ausgebreitet, der Rost nebst Zelle aufgesetzt und diese mit Zinksulfatlösung von der Dichte 1·10 beschickt. Diese Säule wurde ursprünglich zur Bedienung des Siphon Recorders zusammengestellt, wird aber auch mit Vortheil zur Erzeugung elektrischen Lichtes benützt. Soll der Strom sehr gleichmässig sein, was im ersteren Falle verlangt wird, so muss darauf geachtet werden, dass die Dichte der Zinksulfatlösung nicht über 1·3 steigt, was man durch tägliche Entfernung eines Theiles derselben und Wasserzusatz erreicht, wobei man sich aber zu hüten hat, die untere Grenze 1·1 zu überschreiten. Diese Vorsicht muss besonders peinlich dann beobachtet werden, wenn das Pergamentblatt ganz weggelassen wird, weil die Dichte der gesättigten Kupfersulfatlösung 1·18 ist. Eine Umkehr der Elektroden und die Anwendung gesättigter

Zinksulfatlösung, welche die Dichte 1·44 hat, dürfte nicht zu empfehlen sein, weil leicht ausgeschiedene Kupfertheilchen aus der dann oberhalb befindlichen Kupfersulfatlösung auf das Zink fallen und Anlass zu störenden Vorgängen geben könnten.

Wird die Säule nicht mehr benützt, so darf man sie nicht bei offenem Stromkreise stehen lassen, sondern muss sie sofort kurz schliessen, damit nicht Kupfersulfat zum Zink dringt, sondern sich aufzehrt. Mehr als 8 Elemente auf einander zu stellen, ist ihres Gewichtes wegen nicht rathsam; dieser Umstand macht den Gebrauch der Elemente etwas unbequem und daher kommt es, dass sie nicht so verbreitet sind als sie es verdienen.

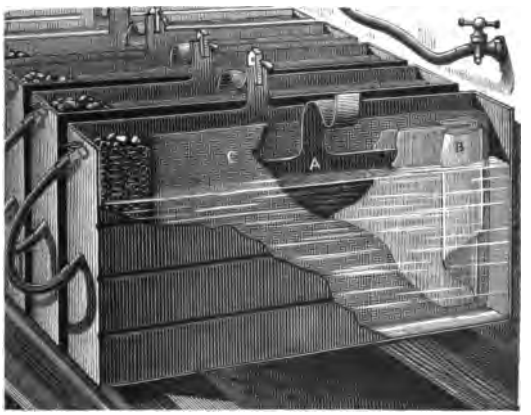
In neuester Zeit, wo starke und constante Stromquellen zur Ladung von Secundärbatterien gebraucht werden, und sich das elektrische Glühlicht allmählich einzubürgern beginnt, hat sich wieder die Aufmerksamkeit der Physiker den Verbesserungen der Elemente zugewendet, deren daher täglich neue auftauchen. Den angedeuteten Zwecken dient auch

Reynier's neueste Batterie, welche wir nachfolgend beschreiben. (»La Nature« 1882, S. 273. »La lumière électrique«, IV. Jahrg., Nr. 13, S. 304.) Die Elemente bestehen aus 44 Cm. langen, 5 Cm. weiten, 22 Cm. hohen Kupferzellen, welche an der schmalen Seite mit einer Abzugsröhre versehen sind, die dazu dient, einen Theil der Flüssigkeit ablassen zu können, wenn selbe schon zu viel Zinksulfat enthält, worauf Wasser nachgefüllt wird. In diese Kästen werden Zinkplatten,

eingestellt, welche in Pergamentpapier eingehüllt und 10 Cm. kürzer sind, um noch Raum zu geben für ein Körbchen mit Kupfersulfat-Krystallen. (Fig. 56.)

Als Flüssigkeit dient eine Kupfersulfatlösung, welche durch das Pergamentpapier dringend sich am Zink zerlegt und somit die nöthige Schwefelsäure liefert.

Fig. 56.




Damit der innere Widerstand möglichst klein wird, sind noch verschiedene Salze beigefügt, wie: Chlorkalium 200, Kochsalz 400, Ammoniumsulfat 100, Natriumsulfat 200, Kaliumsulfat 200, Zinksulfat 50, saures schwefelsaures Natrium 200 etc. Das Zink wird nur im Monate einmal ersetzt und ergiebt sich für 24stündige Arbeit ein Verbrauch von 400 gr. Kupfersulfat und 100 gr. Zink, wofür neben der Elektricität noch 90 gr. Kupfer gewonnen werden.

Reynier hatte im April 1882 schon 500 solcher Elemente aufgestellt und davon selbst 68 Elemente in

Verwendung, welche zur Formirung von Secundär-Elementen nach Faure benützt werden.

Durch die Beimengung der angegebenen Salze wird der Widerstand jeder Zelle von 0·2 auf 0·14 Ohm erniedrigt, woraus sich das Maximum der äusseren Arbeit 0·2 Kgr.-Mtr. per Secunde ergiebt. Die Säule wird im Monat nur einmal 4 Stunden ausser Dienst gesetzt, um die Zinke zu erneuern und das ausgeschiedene Kupfer zu entfernen, welches das Zink sammt der Zelle bezahlt, deren Herstellung sehr einfach ist. Reynier hofft, dass er das Pergamentpapier ganz durch ein Gewebe wird ersetzen können.*) Dass die Zelle eng ist, hat nicht viel zu sagen, da der galvanische Strom das Zinksulfat aus derselben entfernt, indem er die Diffusion unterstützt, was eine bekannte Thatsache ist. Ueber die Schaltung, Arbeitsleistung und Kosten seiner Säule giebt Reynier folgende Auskünfte: Die 68 Elemente werden benützt um 18 hintereinander geschaltete Secundär-Elemente nach Faure zu laden. Da die elektromotorische Kraft jedes Elementes 1·08 ist, ergiebt sich $1{\cdot}08 \times 68 = 72{\cdot}7$, die eines Faure-Elementes 2·2, somit $2{\cdot}2 \times 18 = 39$

$72{\cdot}7 - 39 = 33{\cdot}7$

Widerstand jedes Reynier-Elementes 0·14, im ganzen 9·52

» » Faure- » 0.02, » » 0·36

9·88

also ergiebt sich die Stromstärke $33 : 9{\cdot}88 = 3{\cdot}34$ Amp.

*) Dr. J. Puluj in Wien, welcher seit langer Zeit ähnliche Elemente zu einer tragbaren Batterie für seine Glühlichtlampe verwendet, hat einen solchen Stoff gefunden, der lange Zeit Dienste leistete. Die Versuche, welche wir mit demselben bisher anstellten, haben recht befriedigt.

Die ganze Arbeit ist also per Secunde

$$3{\cdot}34 \times 72 : 9{\cdot}81 = 24{\cdot}51 \text{ Kgr.-Mtr.}$$

Davon entfallen auf die innere Arbeit

$$3{\cdot}34^2 \times 9{\cdot}52 : 9{\cdot}81 = 11{\cdot}24.$$

es bleibt also für äussere Arbeit 13·27. Die Kostenberechnung stellt sich für 24 Stunden wie folgt:

In 24 Stunden wird per Element ein Liter Flüssigkeit durch Wasser ersetzt; giebt 68 Liter. Die gerechnete Kupfersulfatausgabe ist 368 gr. per Element, wirklich 0·4 Kgr., im ganzen also $0{\cdot}4 \times 68 = 27{\cdot}2$ Kgr. Der Zinkverbrauch ist $96{\cdot}2 \text{ gr.} \times 68 = 6{\cdot}542$, rund 7 Kgr. Das gewonnene Kupfer sollte sein

$93{\cdot}79 \text{ gr.} \times 68 = 6{\cdot}348$ Kgr., ist aber nur 6 Kgr.

Dies Alles macht zusammen 16 Francs. Die geleistete Arbeit ist gleich der eines Pferdes während 8 Stunden.

Reynier glaubt, die Kosten würden sich auf 10 Francs erniedrigen lassen, wenn statt reinem Kupfersulfat und Zink weniger reine Erzeugnisse angewendet werden.

Die 68 Elemente und Secundär-Elemente könnten etwa 20 Nähmaschinen durch 10 Stunden in Thätigkeit setzen oder einen Raum durch 20 Edison-Lampen 5 Stunden lang beleuchten, was einer Lichterzeugung von 130 Kerzen zu 16 Kgr. entspricht, die etwas mehr als 16 Francs kosten. Es stellt sich also diese Beleuchtung, abgesehen von den Anschaffungs- und Amortisationskosten, wohl theurer als Gas, aber billiger als eine solche durch Kerzen. Ueber die Schaltungen, welche Reynier anwendet, um die Secundär-Elemente zu laden, macht er folgende Angaben. Eine Säule von 40 Elementen, zu 20 parallel geschaltet, ladet 20 Secundär-

Elemente, welche gleichfalls parallel geschaltet sind. Während der Ladung sind die Kupfersulfat-Elemente auf Spannung verbunden, die Secundär-Elemente auf Quantität. Bei der Entladung, durch welche die Lampen in Thätigkeit gesetzt werden, sind beide Säulen hintereinander geschaltet, und zwar die Ladungssäule auf Quantität verbunden, die secundäre auf Spannung, was ein Commutator nach Planté besorgt.

Reynier-Element. Der bekannte Elektriker, dessen Namen dieses Element trägt, kam bei seinen Versuchen, das Daniell-Element zu verbessern, auf den Gedanken, statt der verdünnten Schwefelsäure, welche Anlass zu einem unnützen Zinkverbrauch giebt, Natronlauge zu verwenden. Dadurch wird ausserdem ein doppelter Vortheil erreicht. Es wird erstens der Diffusion von der Kupfersulfatlösung zum Zink während der Ruhe des Elementes ein Damm entgegengesetzt, weil sich sofort in den Poren das schwerlösliche Kupferoxydhydrat bildet, und dass zweitens die elektromotorische Kraft auf 1·3 bis 1·52 Volts gesteigert, abgesehen von dem nicht zu unterschätzenden Umstand, dass ein Amalgamiren des Zinkes überflüssig wird.

Den Widerstand zu verringern, welchen ein derartiges Element besitzt, mischte Reynier einige Salze bei, welche an den chemischen Vorgängen nicht Theil nehmen und die wir später angeben werden. Aus denselben Gründen gestaltete er die beiden Elektroden U-förmig, was eine möglichst grosse Annäherung derselben aneinander gestattet.

Ein fernerer eben dahin zielender Kunstgriff besteht in der Anwendung von Pergamentpapierzellen, die einfach dadurch hergestellt werden, dass man Pergamentpapier um die Zinkelektrode unter Benützung einer eigenthümlichen Faltung herumlegt.

Die Vermischung der Zelleninhalte noch zu vermindern, werden mehrere Papierlagen angewendet, was zwar den Widerstand erhöht, aber nicht in dem Masse, als zu erwarten wäre. Dass die Mischung langsamer vor sich geht, hat darin seinen Grund, weil die Flüssigkeiten zwischen den einzelnen Zellenwänden verschiedene, abnehmende Sättigungsgrade haben.

Je nach der Anzahl der Hüllen ist, wie wir schon bemerkt haben, der Widerstand verschieden, beträgt aber nie bedeutend mehr als 0·04 Ohm, was der elektromotorischen Kraft von 1·52 Volts entgegengehalten, leicht die bedeutende Stromstärke dieses Elementes erklärt. Ein Uebelstand darf nicht verschwiegen werden, der in der leichten Zerstörbarkeit der Zelle liegt. Von dieser Anschauung ausgehend, haben wir derlei Elemente zusammengestellt, in welchen das Pergamentpapier mit Hilfe von Messingschrauben an Holzrahmen aufgezogen war, wodurch die porösen Zellen entstanden, in welche durch Schlitze die Zinkelektroden eingeführt wurden, wodurch, was bei Reynier nicht möglich ist, eine vollständige Ausnützung derselben, weil man sie stürzen kann, möglich wird.

Nach einem mehrstündigen Gebrauch setzt sich an das Pergamentpapier ein grüner, schlammartiger Niederschlag an, der aus Kupferoxydhydrat besteht. Dadurch wird der innere Widerstand erhöht. Wird das

Element lange gebraucht, setzt sich braunes Kupferoxyd ab, dann muss die Säule auseinander genommen und die Zelle in verdünnter Schwefelsäure abgebeizt werden.

Dieser Zeitpunkt kann hinausgeschoben werden, wenn man, wie ich bei meinem Versuche fand, ein Säckchen mit Weinsäurekrystallen in die Kupfersulfatlösung einhängt, weil dadurch der Niederschlag wieder gelöst wird. Lässt man die Säule nach dem Gebrauch zusammengesetzt stehen, so entfernt man die Weinsäure, damit man des Vortheils, durch die Bildung von Kupferoxydhydrat die Diffusion zu verringern, nicht verlustig wird. *)

Nicht nur das Kupfersulfat, sondern, wie wir bald sehen werden, auch andere Salze besitzen die Fähigkeit, den Wasserstoff unter Abscheidung ihres Metalles zu Wasser zu verbrennen.

## Ersatz des Kupfersulfates durch andere Salze.

Eine der hervorragendsten Stellen unter den Zusammenstellungen dieser Art nimmt das

Marié-Davy- oder Quecksilbersulfat-Element ein. Bevor wir weiter gehen, wollen wir die Eigenschaften des Quecksilbersalzes besprechen.

*) Die Flüssigkeit, in welche das Zink taucht, besteht (nach La lumière électrique III 1881. S. 306) aus: 1200 Gewichtth. Wasser, 300 Aetznatron, 100 Aetzkali, 20 Kaliumchlorat; 20 Natriumchlorat; 20 Chlornatrium, 20 Chlorkalium, 20 Kaliumsulfat; 20 Natriumsulfat; für das Kupfer: 1200 Wasser, 240 Kupfersulfat, 60 Kupfernitrat, 20 Kaliumchlorat, 20 Natriumchlorat, 20 Chlorkalium, 20 Chlornatrium, 20 gesättigte Zinkchloridlösung, 20 Kalium- und Natriumsulfat, 20 Zinksulfat.

Wir kennen vor Allem ein Oxydulsalz $Hg_2SO_4$, bei dessen Verwendung 2 Quecksilberäquivalente für 1 Zinkäquivalent in Freiheit gesetzt werden; ferner das Sulfat des Protooxydes, $HgSO_4$, welches sehr häufig benützt wird, besonders in den medicinischen Elementen. Es bietet die Eigenthümlichkeit dar, dass es sich in 2 Salze zersetzt, wenn es mit Wasser in Berührung kommt, in ein schwerlösliches basisches, das unter dem Namen mineralischer Turbith bekannt ist und eine gelbe Farbe besitzt, ferner in ein leichtlösliches saures Salz, das noch nicht genauer untersucht ist. Der Turbith hat die Formel $Hg_3SO_6$. Meistens wird das Oxydulsalz $Hg_2SO_4$ vorgezogen, weil man bei dessen Anwendung der Gefahr entgeht, dass die Poren der Zelle durch den Turbith verstopft werden. Das Marié-Davy-Element hat die Gestalt jenes Bunsen-Elementes, bei welchem sich die Kohle in der Thonzelle befindet, nur ist selbe statt von Salpetersäure mit einem Brei von Quecksilbersulfat umgeben.

Der Ableitungsstreifen ist entweder an dem verzinnten galvanoplastischen Niederschlag angelöthet, oder auf eine der von uns besprochenen Arten befestigt.

Wenn das Element in Thätigkeit ist, wird Quecksilber abgeschieden.

Vor dem Daniell-Element hat das Marié-Davy-Element voraus, dass seine elektromotorische Kraft 1·5 ist und dass die Flüssigkeiten der Schwerlöslichkeit des Quecksilbersulfates wegen nur sehr langsam diffundiren, und dass selbst das infolge der Diffusion am Zink ausgeschiedene Quecksilber keine Nebenwirkung hervor-

bringt, sondern im Gegentheil die Amalgamirung stets in gutem Zustand erhält.

Dafür ist aber der hohe Preis des Quecksilbersulfates in Rechnung zu ziehen, freilich gewinnt man auch Quecksilber, dass ferner der Preis des Salzes sehr veränderlich ist, die Schwerlöslichkeit auch bei andauerndem Gebrauch und kurzem Schluss eine Schwächung des Stromes nach sich zieht, und endlich — und das ist nicht der kleinste Fehler — dass Quecksilbersalz ein heftiges Gift ist.

Je kleiner die Elemente sind, je geringer die angewendete Menge des Sulfates ist und je weniger vertheilt selbes im Elemente vorkommt, desto eher tritt eine Schwächung ein, welche so weit gehen kann, wie Gaugain gefunden hat, dass eine Elektrolyse des Zinksulfates eintritt, wenn eben das Element mit mehreren zu einer Säule verbunden und alles gelöste Sulfat aufgezehrt ist, wodurch sich Zinkamalgam bildet, welches gegen Zink positiv wird, so dass eine Stromumkehr eintritt.

Es empfiehlt sich daher, dafür zu sorgen, dass Elemente, welche auf Spannung verbunden sind, möglichst gleiche Beschaffenheit haben, damit nicht eines vor dem andern in die Lage kommt, Mangel an gelöstem Quecksilbersulfat zu leiden.

Die Auflösung des Salzes wird, wie wir schon angedeutet haben, durch eine Vertheilung des Salzes befördert, was dadurch geschehen kann, dass man es mit Coaksstücken mengt, wie Beaufils gethan hat, der auf diese Weise ein Element ohne poröse Zelle zusammengestellt hat, das längere Zeit im Centralbureau der

französischen Telegraphenverwaltung, Monate lang Dienst leistend, mit gutem Erfolge im Gebrauche stand.

In neuerer Zeit (Pariser Elektricitäts-Ausstellung) mischt Beaufils schwefelsaures Quecksilberoxydul mit Kohlenpulver zusammen und stellt mit Hilfe von Paraffin durch Guss einen Cylinder her, den er statt der negativen Elektrode verwendet. Man sollte meinen, dass eine auf diese Weise hergestellte Kohle ganz unwirksam sein müsste, wir selbst haben uns aber überzeugt, dass selbe die Elektricität genügend leitet, wenn das Paraffin nicht überwiegt. Auf ähnliche Art ist das

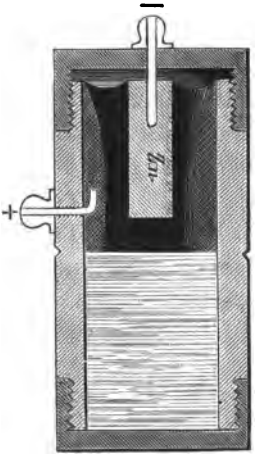
Gaiffe-Element zusammengestellt, welches meist dazu benützt wird, medicinische Inductionsapparate in Gang zu setzen. Zwei miteinander verbundene Elemente werden dadurch hergestellt, dass ein kleiner Trog, welcher durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen geschieden wird, in jeder derselben mit einer Kohlenplatte versehen ist, auf welcher das durchfeuchtete Quecksilberprotooxyd und auf diesem die Zinkplatte liegt. Indem die eine Zinkplatte auf einem Platinstifte aufliegt, der von der Kohle des Nebenelementes kommt, sind beide auf Spannung verbunden.

Der Strom dieser Elemente hält bis zu einer Stunde an. Sie haben den Nachtheil, dass man sodann das Sulfat erneuern und selbes nach dem Gebrauche entfernen muss, also viel mit diesem giftigen Salze zu thun hat. Diesem Uebelstande ist in etwas im

Trouvé-Element zum Umstürzen gesteuert. Dieses besteht aus einem Ebonit-Hohlcylinder, der

an beiden Enden mit Gewinden versehen ist, auf welche sich Deckel aufschrauben, deren einer eine Zinkelektrode trägt, und zwar jener, in dessen Nähe ein hohler Kohlencylinder die innere Wand auskleidet. (Fig. 57.)

Fig. 57.




Die im Elemente enthaltene Flüssigkeit ist gerade so berechnet, dass sie nur dann Kohle und Zink verbindet, wenn das Element gestürzt wird.

Das Element ist vollkommen geschlossen und wird ebenfalls zum Betrieb medicinischer Apparate verwendet.

Bleisulfat-Element. Nachdem Becquerel ein Element zusammengestellt hatte, dessen Ableitungs-Elektrode aus Blei, Kohle oder Weissblech bestand, verfiel 1860 Marié-Davy darauf, der Säule jene Gestalt zu geben, wie sie die Volta-Säule hat, indem er den Boden von Weissblechtassen mit schwefelsaurem Blei bedeckte und auf dieses eine zweite Tasse aus Weissblech setzte, welche aussen mit einem Zinkboden versehen war u. s. f., eine Anordnung, die auch viele Aehnlichkeit mit dem Thomson-Elemente hat. Um die unmittelbare Berührung von Zink und Bleisulfat zu vermeiden, war jede Tasse mit zwei Eisenhenkeln versehen, welche in zwei aufrecht stehende Holzleisten eingehängt wurden. Eine Säule von 40 Elementen hatte nur eine Höhe von 1 Mtr., was sehr niedere Tassen

voraussetzt, welche nur wenig Flüssigkeit fassen können, ein Umstand, der zur Genüge die geringe Beständigkeit des Stromes erklärt, welche dahin führte, von der Benützung dieser Säule abzusehen.

Auch die späteren Versuche Becquerel's führten zu keinem befriedigenden Ergebniss, woran vor Allem wohl der Umstand Schuld trägt, dass die elektromotorische Kraft dieses Elementes nur halb so gross wie die eines Daniell-Elementes ist, woraus folgt, dass man, um die gleiche Stromstärke zu erhalten, doppelt so viel Elemente anwenden muss, was jenes Ersparniss, welches durch ihren geringen Preis geboten wird, ausgleicht, — auch ist ihr innerer Widerstand nicht gering, und polarisiren sie sich wegen der geringen Löslichkeit des Bleisalzes sehr leicht, wenn ein kurzer Schluss hergestellt oder Elektromagnete mit geringem Widerstand eingeschaltet sind.

E. Becquerel hatte versucht, die Zelle zu beseitigen, indem er einen Bleistab von 6 — 7 Mm. Durchmesser mit einem Gemenge von 100 Gr. Bleisulfat und 20 Gr. Kochsalz umgab und dieses Gemenge durch einen Gypsguss, der dem Cylinder die nöthige Festigkeit verlieh, an der Elektrode festhielt.

Würde, wie A. Niaudet vorschlägt, das Bleisulfat mit Retortenkohle gemischt angewendet, so wäre vielleicht ein besseres Ergebniss zu erwarten, weil dann das Auflösen des Salzes beschleunigt und auch der Widerstand ein geringerer würde. In der jetzigen Gestalt hat das Element die gewonnene Verbreitung, welche es besonders in der Haustelegraphie hatte, gänzlich verloren.

## Depolarisation durch Chlor.

Von der bekannten Thatsache ausgehend, dass Chlor zu Wasserstoff eine grössere Verwandtschaft habe als Sauerstoff, da sich beide Gase bei gewöhnlichem Tageslicht vereinigen, also eine starke Elektricitätsentwicklung zu hoffen sei, versuchte Arsonval eine Chlorlösung als depolarisirendes Mittel. Weil sich dieselbe aber bald erschöpfte, kam er dann dazu, eine Flüssigkeit zusammenzusetzen, welche Chlor entbindet.

Er verwendet daher verdünntes Königswasser, indem er folgende Mischung bereitet:

| | | |
|---|---|---|
| Salpetersäure . . . . . | 1 | Raumtheil |
| Salzsäure . . . . . | 1 | » |
| Wasser . . . . . | 2 | » |

Da sich Salzsäure immer wieder aufs Neue bildet, kann eine geringere Menge zugesetzt werden.

Arsonval benützt die in den Bunsen-Elementen schon unbrauchbar gewordene Säure, dabei wird noch eine Steigerung der elektromotorischen Kraft auf 2·2 Volts erreicht.

Königswasser-Element. Ein ähnliches Element stellte der bekannte Chemiker Felix Leblanc zusammen; auch er fand, dass es vorzüglich wirkt.

Roullion schlug für dieses Element eine Elektrode aus Silber vor, und hat angegeben, dass diese selbst nach mehrmonatlicher Verwendung keine Gewichtsabnahme zeigte.

Um der Entwicklung der schädlichen Dämpfe auszuweichen ersetzte Arsonval, was wir ebenfalls der Zeitschrift La lumière électrique V 1881. S. 156 entnehmen, die Salpetersäure durch Chromsäure, indem er einen Raumtheil kalt gesättigter Kaliumbichromatlösung mit einem gleichen Raumtheil Salzsäure mischte. Läuft diese Flüssigkeit tropfenweise durch 20 Ctm. hohe Elemente, welche Kohlenklein enthalten, so erhält man einen Strom von 18 Ampères per Element, dabei ist jede Polarisation vermieden und die elektromotorische Kraft ist gleich 2 Volts. Da die Salzsäure durch die Zelle dringt, ist es unnöthig die Flüssigkeit anzusäuern, in welche das Zink taucht. Sehr sorgfältig muss man die Gegenwart von Schwefelsäure und die Anwendung gesättigter Lösungen ausschliessen. Der Process ist folgender

$$2K_2CrO_4 + 8HCl = Cr_2Cl_3 + 4H_2O + 2KCl + 3Cl$$

Von ähnlichen Gesichtspunkten ausgehend gelangte A. Niaudet dazu die Anwendung der Hypochlorite zu versuchen, das sind Chlorverbindungen, welche die Fähigkeit besitzen, sehr leicht Chlor abzuscheiden.

A. Niaudet hat damit einen sehr glücklichen Griff gethan, da diese Stoffe, besonders das unterchlorigsaure Calcium, überall und zu sehr billigen Preisen zu bekommen sind, aber auch Natriumverbindung unter dem Namen Javel'sche Lauge als Bleichflüssigkeit sehr starke Verwendung findet, welche er gleichfalls in den Kreis seiner Versuche gezogen hat. Das Hauptaugenmerk lenkte er jedoch auf den Chlorkalk, mit Hilfe dessen er sein

In dem eben besprochenen Elemente wurde gleichfalls ein Stoff verwendet, in welchem das Chlor nur schwach gebunden war, weshalb auch die elektromotorische Kraft noch 1·6 D beträgt. Je fester jedoch das Chlor angekettet ist, desto geringer wird der Ueberschuss aufgebrauchter Spannkraft, desto kleiner die elektromotorische Kraft sein.

Und so zeigt in der That selbst das Platinchlorid-Element, das schon Daniell versuchte, nur $^2/_3$ der elektromotorischen Kraft eines Grove-Elementes; noch schwächer ist jene, welche das Chlorsilber-Element besitzt, das Davy schon im Jahre 1860 zusammengestellt hat.

Jedoch erst 1868 gewann dieses Element durch die Bemühungen von Warren de la Rue und Müller eine zweckmässige und entsprechende Gestalt, zu welcher sie gelangten, nachdem sie erst noch einen Brei aus Chlorsilber und Kochsalz versucht hatten. Das äussere Gefäss, welches die Gestalt eines Probegläschens hat und bei 13 Cm. Höhe einen Durchmesser von 3 Cm. besitzt, enthält einen mit einer Pergamenthülse umgebenen Cylinder aus Chlorsilber, in dem ein Silberband eingeschmolzen ist. Das Silberband, das einige Male durch die Hülse durchgesteckt ist, um selbe festzuhalten (auch den Beginn der Thätigkeit des Elementes zu erleichtern), führt, nachdem es zwischen Stöpsel und Glaswand das mit Ammoniaksalzlösung gefüllte Gefäss verlassen hat, zum unamalgamirten Zinkstab des nächsten Elementes, der im Mittel des Paraffinstöpsels befestigt ist. Es wird an der Zinkelektrode dadurch befestigt, dass man es in ein Loch derselben einführt und durch einen keilförmigen Stift festklemmt.

Das Paraffin ist ein guter Isolator, hält keine Feuchtigkeit, da es auf Wasser abstossend wirkt, schmilzt bei einem niederen Wärmegrad und kleine Risse und Spalten können durch Annähern eines warmen Eisenspatels geschlossen werden.

Da Ammoniaksalz angewendet wird, verzehrt das Element kein Zink, wenn der Strom nicht geschlossen ist, was sehr in die Wagschale fällt, wenn man ein zusammengestelltes Element längere Zeit nicht gebraucht und es stets in einem guten Zustande, dienstbereit finden will.

Da die Oberfläche der Silberelektrode (nur das durchgesteckte Silberband) sehr klein ist und Chlorsilber schlecht leitet, ist die anfängliche Stromstärke gering, sie steigt aber mit dem Gebrauche und erhält bald die richtige Grösse, welche sich dann wenig mehr ändert, wie eine Zusammenstellung von De la Rue, die folgt, zeigen soll.

Am 29. Juni 1875 entwickelte die Säule im Voltameter per Minute 1 Kbcm. Gas

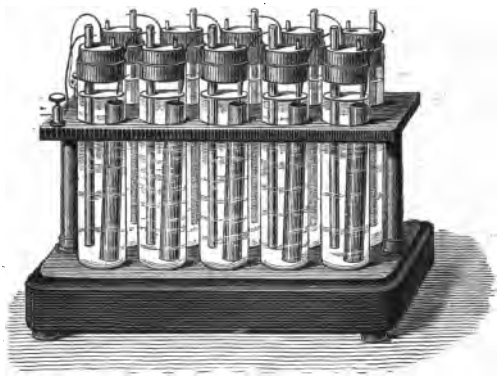
» 4. Juli » » 1·4 » »
» 27. Octob. » » 1·4 » »
» 15. März 1876 » 1·45 » »
» 8. April » » 1·41 » »

Warren de la Rue vereinigte immer 200 Elemente auf einem Brette zu einer Säule, indem er je 10 Elemente in eine Platte von Hartgummi steckte, wie Figur 59 zeigt. Sechs solcher Säulen zu 200 Elementen stellte er zum Schutze vor Staub und Beschädigung in einen Kasten, und er gelangte so weit, auf diese Art 11.000 Elemente zu seinen Versuchen benützen zu

können, die, Dank der sorgfältigen Isolation, eine solche elektrische Spannung entwickelten, dass zwischen den Polenden ein fortwährendes Funkenüberschlagen, wie bei einer Reibungs-Elektrisirmaschine oder einem Funkeninductor stattfand.

Die elektromotorische Kraft eines Elementes ist bei der Anwendung von Kochsalz gleich 0·97, die eines

Fig. 59.



Daniell-Elementes, bei Anwendung von Ammoniaksalz aber 1·03; der Widerstand beträgt 4·2 Ohms.

Nach Du Moncel vertragen diese Elemente selbst einen 24stündigen kurzen Schluss, was gewiss sehr viel sagen will, wenn man die Unlöslichkeit des Chlorsilbers in Betracht zieht.

Wie aus Pogg. Ann. Bd. CXXXV, S. 167, 1868 zu ersehen ist, beschäftigte sich unabhängig von Warren de la Rue und zu gleicher Zeit Pincus mit der Zusammenstellung eines Chlorsilber-Elementes für medicinische Zwecke. Er stellte in ein etwa 20 Cm. langes

und 2 Cm. weites Proberöhrchen einen kleinen, mit ungeschmolzenem Chlorsilber gefüllten Tiegel aus chemisch reinem Silber von etwa 9 Quad.-Cm. Oberfläche, von dem aus ein isolirter Kupferdraht durch die bis 4 Cm. unter den Rand reichende verdünnte Schwefelsäure oder Kochsalzlösung ging, der zugleich an die amalgamirte stabförmige Zinkelektrode (von ebenfalls 9 Quad.-Cm. Oberfläche) des nächsten Elementes angelöthet war, die sich in dem Korkstöpsel auf- und abschieben liess.

Fig. 60.

Um das Chlorsilber-Element einer allgemeinen Anwendung fähig zu machen, musste vor Allem das Glasgefäss beseitigt werden; dies ist der Fall im

Gaiffe-Element, das aus einem kleinen Hartgummicylinder besteht, der durch einen aufgeschraubten Deckel vollkommen wasserdicht verschlossen ist. An dem Deckel sind die beiden Elektroden durch Schraubenmuttern befestigt. Die negative besteht aus einem kleinen Kupfertrog, der das geschmolzene Chlorsilber enthält und in Leinwand eingehüllt ist. Dünne Kautschuk-Zwischenlagen sichern den richtigen Abstand von der Zinkelektrode, indem ein Gummiband beide an diese Zwischenlagen andrückt. (Fig. 60.)

Dieses Element darf, da es Flüssigkeit enthält, nicht umgelegt werden, weil, wenn der Deckel benetzt ist, Schluss hergestellt wird.

Diesem Uebelstande zu begegnen, ersetzte Gaiffe in einem anderen Elemente die Flüssigkeit durch eine

Zwischenlage von 6—8 Filtrirpapierblättern, die in 5proc. Chlorzinklösung getaucht waren.

Diese Elemente sind sehr sparsam, da sie nur dann sich abnützen, wenn sie geschlossen sind, weshalb man darauf zu sehen hat, dass der Deckel auch von aussen nicht benetzt wird, und weil statt des verbrauchten Chlorsilbers chemisch reines Silber gewonnen wird. Versuche mit Kupferchlorid und Chlorblei haben zu keinem befriedigenden Ergebniss geführt, dafür hat aber das Quecksilberchlorür-Element den Erwartungen ziemlich entsprochen. Heraud, der sich mit dieser Zusammenstellung beschäftigte, stellte das Zink in Ammoniaksalzlösung und die Kohle in einen Leinwandsack, der mit pulverförmigem Calomel (so nennen die Mediciner das Quecksilberchlorür) gefüllt war.

Die Wahl des Ammoniaksalzes ist eine ziemlich glückliche zu nennen, da gerade dieses die Lösung des sonst fast unlöslichen Calomels befördert und auch für das sich bildende, sonst unlösliche Zinkoxydhydrat ein Lösungsmittel ist.

Die elektromotorische Kraft, welche nach einigen Monaten, selbst bei geringem Gebrauch, auf 1·07 sinkt, ist ziemlich jener des Quecksilbersulfat-Elementes gleich, da sie 1·45 beträgt; die Stromstärke wechselt, was davon herrühren dürfte, dass durch die Bildung verschiedener Stoffe sich das Lösungsvermögen der Flüssigkeit ändert. Ein Hauptfehler des Elementes ist der Umstand, dass es die Bildungsstätte von Quecksilberchlorid und corrosivem Sublimat ist, welche ausserordentlich heftige Gifte sind.

Liebig, der daran dachte, ein recht billiges Element zusammenzustellen, gab Veranlassung, dass Buff das

Eisenchlorid-Element erfand, welches, wie das Bunsen-Element, eine Zink- und eine Kohlenelektrode hatte, von welchen die erstere in der verdünnte Schwefelsäure enthaltenden Thonzelle stand, während die letztere in eine syrupdicke Lösung des neutralen Eisenchlorids tauchte. Da bald eine Stromschwächung eintrat, wurden 4—5 auf 100 Raumtheile an concentrirter Salzsäure zugesetzt.

Bessere Ergebnisse in Bezug auf Beständigkeit der Stromstärke wurden erhalten, wenn gesättigte Kochsalzlösung statt verdünnter Schwefelsäure verwendet wurde. Verglichen mit Buff's Normalelement (Daniell 1·0201) ergab sich für ein Salpetersäure-Element nach Bunsen 1·8167, für ein Eisenchlorid-Element 1·3537 an elektromotorischer Kraft; diese stieg bei mässigem Salzsäurezusatz und bei Anwendung von Kochsalzlösung auf 1·3958.

Wie schon erwähnt, regte Liebig die Wahl des Eisenchlorides deshalb an, weil es billig hergestellt werden kann (aus Eisenoxyd [Colcothar] und Salzsäure) und weil sich im Elemente Eisenchlorür bildet, das sehr gut zu Desinfectionszwecken statt Eisenvitriol verwendet werden kann.

Im Jahre 1866 beschäftigte sich Duchemin mit demselben Elemente; er fand, dass die Depolarisation nur unvollkommen stattfindet, was im Zusammenhang gebracht mit den sich bildenden nichtleitenden Niederschlägen auf Kohle und Zink leicht die baldige Stromschwächung erklärt, an welcher dieses Element leidet, das sonst den Vortheil hätte, billige Stoffe zu verwenden und geruchlos zu sein.

Du Moncel fand für

Bunsen- oder Grove-Element . . . . 11·123
Eisenchlorid-Element . . . . . 9·640
Quecksilbersulfat-Element . . . . . 9·198

Zum Schlusse wollen wir noch einige Zahlen anführen, welche Eccher (Pogg. Ann. Bd. CXXIX, S. 93, 1866) fand, als er durch Duchemin's Arbeiten über das Eisenchlorid-Element angeregt, sich mit selbem beschäftigte.

| Eisenchlorid- | Widerst. d. Bunsen- | Elektrom. Kraft d. Grove-Elementes = 1 | |
|---|---|---|---|
| Lösung | Elementes = 1 | Zink-Platin | Zink-Kohle |
| 5 | 50 | 0·92300 | 0·89121 |
| 10 | 20 | 0·92242 | 0·89011 |
| 15 | 11·65 | 0·92239 | 0·89006 |
| 20 | 4·78 | 0·92271 | 0·89001 |
| gesättigt | 4·16 | 0·92457 | 0·89010 |

Eine Abänderung des Eisenchlorid-Elementes, welche wir nach ihrem Erfinder Ponci

Ponci-Element nennen wollen, besteht im Vertausch der Zinkelektrode mit einer Eisenelektrode und der Kochsalzlösung mit einer solchen aus Eisenchlorür. Beide Flüssigkeiten sollen 35° B. haben.

Die elektromotorische Kraft ist, nach der Ohmschen Methode gemessen, 11·5 Jacobi-Einheiten = 0·9 Daniell, da 1 Jacobi = $^1/_{12}$ Daniell-Einheit.

Ziemliches Aufsehen erregte das

Scriwanow-Element, welches der Erfinder auf der Pariser Elektricitäts-Ausstellung vorführte.

Dasselbe besteht aus einer etwa 10 Cm. weiten und 5 Cm. hohen Dose, deren Boden mit einer Kohlenplatte bedeckt ist, auf welche das unten angegebene

Gemisch aufgetragen ist, das auch mit Asbest vermengt und bedeckt wird.

Die Salzmischung besteht aus 10 Theilen Ammoniumquecksilberchlorid, das durch Kochen von Quecksilberoxyd in Salmiaklösung und nachträglichen Zusatz von Quecksilberchlorid hergestellt wird, 3 Theilen Kochsalz und $^1/_4$ Theil Chlorsilber.

Diese Mischung wird zusammengeschmolzen, sodann gepulvert und mit Zinkchlorid zu einem Brei angerührt. Als Lösungselektrode dient eine Zinkplatte, welche nach Bedarf an die mit Asbest bedeckte Salzmischung angedrückt wird.

Da dieses Element keine Flüssigkeit enthält, kann es leicht transportirt, ja statt der gebräuchlichen Taster der Hausklingeln verwendet werden. Zu diesem Behufe ist die Dose vollkommen geschlossen und besorgt ein Knopf, wie auch bei den Tastern vorhanden, das Andrücken der Zinkplatte.

Eine Füllung reicht oft 4 — 5 Wochen hin und setzt ein derartiges Element eine Klingel anhaltend in Thätigkeit, wie wir uns in der Ausstellung selbst überzeugt haben.

Die elektromotorische Kraft soll 1·5 — 1·6 Volts betragen.

## Depolarisation durch Jod und Brom.

Nach Laurie (»La lumière électrique« IV. 1881 p. 207) leistet ein Element, in welchem das amalgamirte Zink und die Kohle in eine Lösung von Zinkjodür, der Jod beigefügt ist, tauchen, recht gute Dienste, in-

soferne auf Beständigkeit des Stromes ein Werth gelegt wird. Die elektromotorische Kraft beträgt nur eine Volta-Einheit und dürfte auch der Widerstand nicht gar gering sein.

Wenn das Element nicht gebraucht wird, soll das Zink aus der Flüssigkeit herausgehoben werden, weil sonst ein unnützer Verbrauch stattfinden würde.

In dem sehr ähnlichen

Doat-Element, dessen Beschreibung schon 1856 der XLII. Band der »Compt. rend.« brachte, wird eine poröse Zelle verwendet, in welcher der Kohlenstab umgeben von Jodkalium-Lösung steht, während das äussere Gefäss nebst derselben Quecksilber enthält, in das ein Platindraht taucht. Die Polarisation soll fast gänzlich vermieden sein; dafür beträgt aber auch die elektromotorische Kraft kaum 0·6 der eines Daniell-Elementes; sie kann aber gesteigert werden, wenn man zum Quecksilber Zinkstücke beifügt.

Einen Vortheil hätte das Element in der Beziehung, dass die gebildeten Stoffe leicht wieder in die ursprüngliche Gestalt zurückgebracht werden können.

Das gebildete Jodquecksilber setzt sich mit Kalilauge leicht wieder in Jodkalium um, und ein einfaches Erhitzen der dabei gebildeten Sauerstoffverbindung des Quecksilbers genügt, dasselbe in metallischem Zustande zu erhalten.

Wie wir Wiedemann's »Galvanismus« entnehmen, legt Mc. Leod auf den Boden eines Glasgefässes eine Kohlenplatte. Darüber kommt ein Kreuz aus amalgamirtem Platin, wie in den Kupfersulfat-Elementen ohne Zelle, das oben eine Klemme trägt. Die Leitung von der

Kohle wird durch eine Glasröhre mit Quecksilber und einen in letzteres tauchenden Platindraht vermittelt. Das Glas enthält Zinkjodid. Ein umgekehrter, mit Quecksilberchlorid gefüllter Kolben ragt mit seinem Halse bis an die Kohle, auf welcher sich Quecksilberjodid bildet, dass sich allmählich im Zinkjodid löst und so die Kohle nicht dicht bedeckt. Sobald sich Quecksilberjodür bildet, wird letzteres in Quecksilber und Jodid zersetzt. Die constante elektromotorische Kraft ist gleich 0·7 Daniell.

J. Regnauld hat (»Compt. rend.« XLIII) das Jod durch Brom und Chlor und das Jodkalium durch Brom- und Chlorkalium ersetzt und folgendes Ergebniss erhalten, aus welchem hervorgeht, dass es doch besser sei, bei den billigeren Chlorverbindungen der Alkalien und dem Chlor zu bleiben, welch' letzteres freilich den Nachtheil hat, flüchtig zu sein.

Elektromotorische Kraft in thermoelektrischen Einheiten.

| | Jod | Brom | Chlor |
|---|---|---|---|
| Quecksilber . . . . . | 102 | 161 | 180 |
| Zinkamalgam . . . . | 216 | 280 | 346 |
| Natriumamalgam . . . | 381 | 465 | 506 |
| Kaliumamalgam . . . | 386 | 471 | 512 |

Fr. Exner hat eingehende Untersuchungen über Elemente angestellt, welche nur aus Metallen und Jod oder Brom bestanden.*) Er fand z. B. für Magnesium-Brom-Kohle die elektromotorische Kraft = 2·36 Daniell; leider überzieht sich das Magnesium mit einer Schichte

*) Ueber galvanische Elemente, die nur aus Grundstoffen bestehen. 84 Bd. der Sitzungsber. d. W. Akad. 7. Juli 1881.

der gebildeten Bromverbindung, welche einen weiteren Angriff unmöglich macht, wodurch das Element immer schwächer wird. Das Element Magnesium-Jod-Kohle gab 1·57 D. und war vollkommen constant. Leider sind Jod und Brom so schlechte Leiter, dass an eine praktische Verwendung kaum zu denken ist, abgesehen von den hohen Preisen der angewendeten Stoffe.

## Depolarisation durch Schwefel.

Nicht blos Sauerstoff und Chlor vermögen den ausgeschiedenen Wasserstoff zu beseitigen, sondern auch der Schwefel ist hierzu geeignet, und wollen wir im Nachfolgenden, wenn auch nur sehr kurz, einige dahin zielende Vorschläge anführen.

Eine nicht unerhebliche Verbesserung des Zink-Kupfer-Salmiak-Elementes kann man schon dadurch erreichen, dass man an der Oberfläche der Kupferplatte durch Bestreichen mit Schwefelleber eine Schwefelkupferschichte erzeugt; natürlich währt die Wirksamkeit derselben nur kurze Zeit.

In ähnlicher Weise wirkt das in den Kohlenelektroden vorhandene Schwefeleisen, welches sich nach Meidinger (Dingler's Journal, 1858, CXLVIII., S. 360), weil mit der Kohle verbunden, in verdünnter Schwefelsäure nicht löst. Sobald aber der Strom geschlossen wird, tritt an der Kohle Wasserstoff auf, der unter Abscheidung von Schwefel und Bildung von Eisensulfat Anlass zur Entwicklung von Schwefelwasserstoff giebt. Dies erklärt auch, warum frische Kohlen so

kräftig wirken und warum sie nach und nach immer schlechter werden.

Besser ist jedenfalls in Beziehung auf Dauer der Wirkung das

Blanc-Element, in welchem Schwefelpulver verwendet wird. In eine Kochsalzlösung taucht, wie im Callaud-Element, ein Zinkcylinder bis zu einer gewissen Tiefe ein. Statt der Kupferelektrode steht in der Mitte ein verkupferter Bleistab, dessen unterer Theil von dem am Boden des Gefässes liegenden Schwefelpulver bedeckt ist, während der übrige Theil einen isolirenden Ueberzug trägt. Dieser Zusammenstellung ähnlich ist das

Savary-Element (»Compt. rend.« LXVI., 1868), in welchem eine poröse Zelle angewendet wird, die eine Kohlenelektrode enthält, um welche in einigen Spiralen Kupferdraht gewunden ist. — Während beim Zink nur Salzwasser verwendet wird, enthält die Zelle selbes mit Schwefel gemischt. Das Element soll ein solches nach Daniell vollkommen vertreten können.

## Elemente, welche aus zwei Flüssigkeiten und einem Metalle, das zur Ableitung dient, bestehen.

Bisher hatten wir immer mit der Stromerregung zu thun, welche durch die Oxydation eines Metalles oder Reduction eines Oxydes hervorgerufen wurde.

Es ist selbstverständlich, dass auch bei der chemischen Einwirkung zweier Flüssigkeiten auf einander eine Elektricitätsentwicklung stattfinden wird.

In der That hat schon Becquerel im Jahre 1823 eine derartige Zusammenstellung ersonnen, welche aus

[illegible] hat man diese Elektricitätsquellen Ladungs-Batterien, [illegible]-Accumulatoren oder auch Secundär-Elemente genannt.

Wie wir später sehen werden, ist diese Art, die [illegible] zu betrachten, insoferne unrichtig, als nicht [illegible] aufgespeichert, sondern chemische Spannkraft erweckt wird, welche sich im gegebenen Augenblicke wieder in elektrische umsetzt.

Die grosse Aehnlichkeit, welche diese Elemente in ihrem Verhalten mit dem Voltameter zeigen, in welchem durch den galvanischen Strom das Wasser in seine beiden Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wurde, hat ihnen auch den Namen Polarisations-Elemente eingetragen.

Wir wollen nicht darauf eingehen, zu entscheiden, welche Bezeichnung die richtigste sein dürfte, und die [illegible] gang und gäbe gewordene, Accumulatoren, für-[illegible] benützen.

Würden wir uns an den Gang der geschichtlichen [illegible] dieser Art von Stromquellen halten, müssten [illegible] bis zu den Versuchen des deutschen [illegible] Ritter und des Franzosen Gautherot, die [illegible] zu Beginn unseres Jahrhunderts mit ähnli-[illegible] Zusammenstellungen beschäftigten.

Wir wollen uns jedoch damit begnügen, mit dem [illegible] beginnend, alle nach und nach ange-[illegible] Veränderungen und Verbesserungen aufzuzählen, [illegible] Rücksicht darauf, dass sich dieselben in [illegible] Gruppen zusammenstellen lassen, ein [illegible] im gewiss der übersichtlichen Behandlung [illegible] förderlich ist.

Wir wollen vor Allem die Accumulatoren besprechen, deren Wirksamkeit hauptsächlich in der Superoxydschichte liegt, und sie in solche eintheilen, welche zweierlei Metalle, und solche, die nur Bleiplatten enthalten. Wir beginnen mit den letzteren, obwohl wir nach dem sonst eingehaltenen Gange in der Aufzählung der Elemente mit jenen, die eine Zinkelektrode enthalten, zuerst hätten beginnen müssen.

Begründet ist unser Vorgehen dadurch, dass über das Planté-Element eingehende Untersuchungen bezüglich der chemischen Vorgänge in demselben vorliegen, und wir gesonnen sind, uns bei der Beschreibung der übrigen Elemente, so weit thunlich, auf das beim Planté-Element Gesagte zurück zu beziehen.

Planté-Accumulator. Dass Sinstedten schon 1854 (Pogg. Ann. XCII, S. 655) Bleiplatten zur Herstellung von Secundär-Elementen benützte, die er mit einer magnetoelektrischen Maschine geladen hat, kann das Verdienst Planté's, der erst im Jahre 1859 die besondere Eignung dieses Metalles zur Sauerstoff-Aufstapelung nachgewiesen hat, nicht schmälern, umsoweniger, da dem Elemente erst durch diesen Physiker, welcher ihm ein besonderes Studium widmete, eine zweckmässige Gestalt gegeben wurde.

So wie die Zink- und Kupferplatte im Calorimotor von Hare, sind hier die beiden etwa 1 — 1·5 Mm. starken Bleiplatten spiralförmig in einander gerollt (Fig. 61), so dass grösstentheils die beiden Seiten derselben ausgenützt werden, was dem Elemente eine sehr grosse Oberfläche verleiht. Bei der Herstellung der

einem Gefässe bestand, das neben dem Ableitungsstreifen aus Platin als Flüssigkeit Kalilauge und ein Glasrohr enthielt, das durch einen Pfropfen aus Thon verschlossen und mit Salpetersäure gefüllt war, in welche der zweite Ableitungsstreifen tauchte.

Diese Säule bietet die Eigenthümlichkeit, dass sie an dem positiven Pole, der durch den Ableitungsstreifen welcher in der Lauge steht, gebildet wird, Sauerstoff entwickelt. Die chemischen Processe, welche sich abspielen, sind folgende.

Einmal vereinigt sich die Salpetersäure mit der Kalilauge unter Wasserbildung zu Kalisalpeter, gleichzeitig wird aber Wasser durch den Strom zerlegt, der Wasserstoff durch die Säure oxydirt, während der Sauerstoff entweicht.

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O.$$

Man könnte im ersten Augenblicke versucht sein, zu glauben, es wäre derselbe Vorgang, wie beim Volta-Elemente, jener der Wasserabscheidung, müsste also eine Stromschwächung oder Polarisation hervorbringen; dies ist aber nicht der Fall, da ja jene Energie, welche zur Wasserzersetzung aufgewendet wird, durch die Oxydation des Wasserstoffes durch die Säure wiedergewonnen wird, also der Wärmewerth derselben nicht abgezogen zu werden braucht von jenem, welcher der Verbindung der Säure mit der Base entspricht.

Der Strom, welcher geliefert wird, ist kräftig und constant.

Eine ähnliche Säule hat Nobili zusammengestellt, indem er mehrere Becher abwechselnd mit Salpeter-

säure und Lauge füllte und sie durch verkehrt U-förmige Heber, die mit eben diesen Flüssigkeiten gefüllt waren, verband. Das erste und letzte Glas enthielt neben der Platinplatte blos Salpeterlösung; sie standen durch Heber, die mit ebensolcher gefüllt waren, mit den übrigen in leitender Verbindung.

## Elemente, bestehend aus einem Gas und einer Flüssigkeit.

Grove hat Versuche angestellt mit einem Apparate, dessen eine Elektrode sich in einem mit Sauerstoff gefüllten Cylinder befand, während die andere in Ferrisulfat tauchte, und er bekam unter Bildung von Ferrosulfat einen Strom, und einen ebensolchen, wenn er Wasserstoff und Salpetersäure benützte, was uns nach dem, was wir bisher erfahren haben, leicht erklärlich erscheint.

E. Becquerel benützte auch Wasserstoff und Goldchlorür.

## Elemente, in welchen ein galvanischer Strom durch die Verbindung zweier Gase entsteht.

Schon 1829 hat Grove gezeigt, dass ein galvanischer Strom entsteht, wenn zwei Glasglocken, die ausser platinirten Platinelektroden Sauerstoff- und Wasserstoffgas enthalten, mit ersteren in angesäuertes Wasser tauchen.

Er benützte zu diesem Zwecke eine dreihalsige Woolf'sche Flasche, deren mittlerer Hals durch einen

eingeriebenen Glasstöpsel verschlossen war, während in die beiden anderen zwei bis in die Mitte der Flasche reichende Glasröhren eingesenkt waren, in welche mittelst Platindrähten zwei an selben angelöthete lange Platinstreifen eingeschmolzen waren.

Diese werden ebenso, wie ein Theil der Flasche mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und sodann die beiden Gase durch eine gekrümmte Röhre eingeleitet, so dass aber auch Flüssigkeit die beiden Elektroden benetzt.

**Grove** hat den Sauerstoff und den Wasserstoff auch durch andere Gase ersetzt und fand dabei, dass nicht alle zur Stromerzeugung geeignet seien. Chlor, Kohlenoxyd, Stickstoff und ölbildendes Gas ergaben Ströme, Stickstoff mit Sauerstoff, Stickstoff mit Wasserstoff etc. waren jedoch völlig unbrauchbar.

Es ist selbstverständlich, dass sich diese Elemente gleichfalls zu Säulen vereinigen lassen.

Alle diese Elemente, besonders jene, welche Sauerstoff und Wasserstoff enthalten, haben viele Aehnlichkeit mit unserem Voltameter, das einen Strom liefert, wenn in demselben eine Wasserzersetzung vorgenommen wurde; wir können auch in der That durch Wasserzersetzung beide Glocken mit Gasen beschicken und erhalten so einen Strom als secundäre Wirkung, weshalb man derlei Vorrichtungen auch secundäre Elemente nennt.

## Secundär-Elemente.

Schon Eingangs der Besprechung jener Elemente, bei welchen der abgeschiedene Wasserstoff durch den Sauerstoff der Hyperoxyde verzehrt wird, haben wir einer Zusammenstellung De la Rive's gedacht, die aus einer Zinkelektrode in verdünnter Schwefelsäure und einer Zelle bestand, in welcher der Ableitungsstreifen mit Bleisuperoxyd umgeben war.

Wir erwähnten, dass diese Zusammenstellung aufgegeben wurde, weil die Depolarisation nur unvollkommen erfolgte. In neuerer Zeit finden aber gerade derlei Elemente starke Verwendung, in welchen auf sinnreiche Weise durch eine möglichst grosse Oberfläche der negativen Elektrode und möglichst innige Berührung des Superoxydes mit derselben dafür gesorgt ist, dem Wasserstoff recht vollkommen Gelegenheit zu bieten, mit dem Sauerstoff des Superoxydes in Verbindung treten zu können.

Der Hauptunterschied zwischen den bisher betrachteten Elementen und jenen, welche wir jetzt beschreiben werden, besteht aber darin, dass das Hyperoxyd nicht vom Hause aus an der negativen Elektrode aufgespeichert, sondern an derselben unter Mithilfe des galvanischen Stromes gebildet wird.

Von dieser Art der Bedeckung der negativen Elektrode mit Hyperoxyd, wodurch das Element erst befähigt wird, einen kräftigen Strom zu liefern, so dass es gewissermassen scheint, als sei in demselben Elektricität wie in einer Leydenerflasche aufgespeichert wor-

den, hat man diese Elektricitätsquellen Ladungs-Batterien, Accumulatoren oder auch Secundär-Elemente genannt.

Wie wir später sehen werden, ist diese Art, die Vorgänge zu betrachten, insoferne unrichtig, als nicht Elektricität aufgespeichert, sondern chemische Spannkraft erweckt wird, welche sich im gegebenen Augenblicke wieder in elektrische umsetzt.

Die grosse Aehnlichkeit, welche diese Elemente in ihrem Verhalten mit dem Voltameter zeigen, in welchem durch den galvanischen Strom das Wasser in seine beiden Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wurde, hat ihnen auch den Namen Polarisations-Elemente eingetragen.

Wir wollen nicht darauf eingehen, zu entscheiden, welche Bezeichnung die richtigste sein dürfte, und die schon gang und gäbe gewordene, Accumulatoren, fürderhin benützen.

Würden wir uns an den Gang der geschichtlichen Entwicklung dieser Art von Stromquellen halten, müssten wir zurückgreifen bis zu den Versuchen des deutschen Physikers Ritter und des Franzosen Gautherot, die sich schon zu Beginn unseres Jahrhunderts mit ähnlichen Zusammenstellungen beschäftigten.

Wir wollen uns jedoch damit begnügen, mit dem Planté-Element beginnend, alle nach und nach angebrachten Veränderungen und Verbesserungen aufzuzählen, und zwar mit Rücksicht darauf, dass sich dieselben in verschiedene Gruppen zusammenstellen lassen, ein Vorgehen, das gewiss der übersichtlichen Behandlung des Stoffes förderlich ist.

Wir wollen vor Allem die Accumulatoren besprechen, deren Wirksamkeit hauptsächlich in der Superoxydschichte liegt, und sie in solche eintheilen, welche zweierlei Metalle, und solche, die nur Bleiplatten enthalten. Wir beginnen mit den letzteren, obwohl wir nach dem sonst eingehaltenen Gange in der Aufzählung der Elemente mit jenen, die eine Zinkelektrode enthalten, zuerst hätten beginnen müssen.

Begründet ist unser Vorgehen dadurch, dass über das Planté-Element eingehende Untersuchungen bezüglich der chemischen Vorgänge in demselben vorliegen, und wir gesonnen sind, uns bei der Beschreibung der übrigen Elemente, so weit thunlich, auf das beim Planté-Element Gesagte zurück zu beziehen.

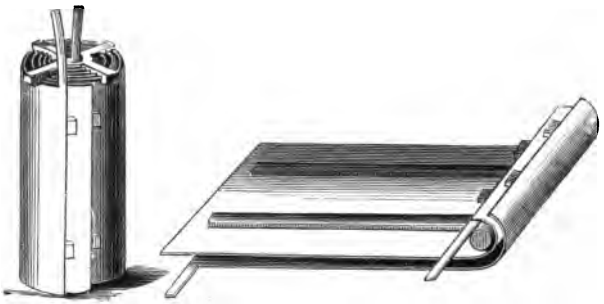
Planté-Accumulator. Dass Sinstedten schon 1854 (Pogg. Ann. XCII, S. 655) Bleiplatten zur Herstellung von Secundär-Elementen benützte, die er mit einer magnetoelektrischen Maschine geladen hat, kann das Verdienst Planté's, der erst im Jahre 1859 die besondere Eignung dieses Metalles zur Sauerstoff-Aufstapelung nachgewiesen hat, nicht schmälern, umsoweniger, da dem Elemente erst durch diesen Physiker, welcher ihm ein besonderes Studium widmete, eine zweckmässige Gestalt gegeben wurde.

So wie die Zink- und Kupferplatte im Calorimotor von Hare, sind hier die beiden etwa 1 — 1·5 Mm. starken Bleiplatten spiralförmig in einander gerollt (Fig. 61), so dass grösstentheils die beiden Seiten derselben ausgenützt werden, was dem Elemente eine sehr grosse Oberfläche verleiht. Bei der Herstellung der

Platten ist es gut, die Vorsicht zu beobachten, dass der Ableitungsstreifen sogleich mit ausgeschnitten wird, weil Löthstellen leicht zerstört werden.

Die Platten legt man vor dem Einrollen so aufeinander, dass ein Polstreifen nach rechts, der andere

Fig. 61.



nach links zu stehen kommt, damit der Strom im Innern des Cylinders eintreten und am Umfange austreten muss.

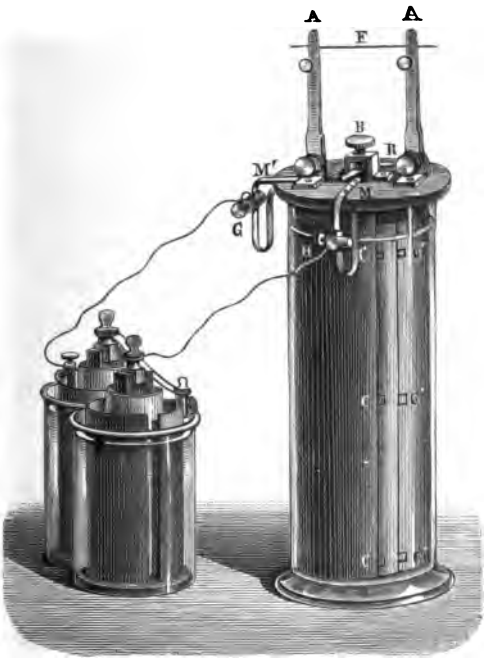
Um den richtigen Abstand aufrecht zu erhalten, sind Gummistreifen von etwa $^1/_2$ Cm. Stärke stückweise eingelegt oder zweckmässiger Weise mit Canälen versehen, das Entweichen der Gase zu erleichtern.

Den auf diese Weise entstandenen Cylinder senkt man in ein Gefäss aus Glas oder Guttapercha, welches verdünnte Schwefelsäure enthält und dann so verkittet wird, dass nur 2 kleine Oeffnungen bleiben, die ein Nachfüllen erleichtern und den Gasen einen Abzug gestatten.

Zur Ladung, oder besser gesagt, zur Bildung des Bleisuperoxydes genügen 2 Bunsen- oder 3 Daniell-

Elemente, durch deren Thätigkeit die mit dem positiven Pol verbundene Platte allmählich mit einem braunen Ueberzug versehen wird, während die andere eine graue, körnige, reinem Blei entsprechende Oberfläche bekommt.

Fig. 62.




Sobald sich an der braunen Elektrode Gasbläschen zeigen, kann das Einleiten des Stromes beendet werden.

Je nach der Grösse der Platten bringt ein geladenes Element einen mehr minder starken Platindraht ins Glühen, was leicht erklärlich ist, da ja die Strom-

stärke von der elektromotorischen Kraft, welche die anderthalbfache eines Bunsen-Elementes beträgt und von dem Widerstande abhängt, der des geringen Abstandes und der grossen Oberfläche der Elektroden wegen sehr klein ist.

Die grösseren Elemente haben eine Oberfläche von 40 Qu.-Dm., die kleineren von 8 Qu.-Dm.

Der Deckel, mit welchem die Elemente (Fig. 62) versehen sind, trägt zwei Klemmen, zwischen denen Platindrähte ausgespannt werden. Ein Metallstreifen $M'$ führt von der einen Zange zu einer Bleiplatte und den Bunsen-Elementen, während ein zweiter unter der anderen Zange liegender mit der anderen Elektrode nur dann in Verbindung tritt, wenn die Schraube $B$ denselben niederdrückt. In den Draht fliesst dann sowohl der Strom aus den Bunsen-Elementen als auch aus dem Planté-Elemente, da beide neben einander geschaltet bleiben.

## Chemische Vorgänge im Planté-Elemente.*)

Betrachtet man die Bleiplatten eines frisch zusammengestellten Planté-Elementes, welche in verdünnter Schwefelsäure stehen, durch die der Strom von mindestens 3 Daniell- oder 2 Bunsen-Elementen geleitet wird, so kann man folgende Erscheinungen beobachten.

*) Wir haben bei dieser Betrachtung sowohl die Angaben Planté's, die Arbeiten der Herren Gladstone und Tribe (La lumière électrique, VI. Bd. 1882, S. 93), als weiters auch die Bemerkungen des Herrn Aron (Elektrotechnische Zeitschrift, III. Jahrg. 1882, IV. Heft, Seite 222), wie auch unsere eigenen Beobachtungen benützt.

Ladet man ein schon öfters gebrauchtes Element, so kreist einige Zeit hindurch der Strom, ohne dass man ausser einigen Gasbläschen etwas Besonderes bemerkt; dauert aber die Einwirkung des Stromes länger, so gestaltet sich die Gasentwicklung zu einer heftigen. Dies ist auch der Zeitpunkt, bei welchem das Laden abgebrochen werden soll, da es, wie die Erfahrung gelehrt, nach der Erklärung, welche wir geben werden, leicht begreiflicher Weise fortzusetzen nutzlos wäre.

Nimmt man aber ein neues, ungebrauchtes Element und leitet diesen Strom ein, so findet sofort eine heftige Gasentwicklung statt. Ueberlassen wir das Element dann einige Zeit der Ruhe oder schliessen dasselbe durch einen Draht, damit eine Entladung stattfindet, und wiederholen dann die Einleitung des Stromes aufs Neue, so bemerken wir, dass die Gasentwicklung länger als das erstemal auf sich warten lässt. Hat man diesen Vorgang mehrmals wiederholt und nimmt dann das unentladene Element auseinander, so findet man, dass jene Bleiplatte, welche mit dem positiven Pole der Säule verbunden war, mit einem braunen Ueberzug bedeckt ist, während die andere eine reine Metallfläche aufweist. Wäre das Element entladen gewesen, so würde man die Bleiplatten in einem einander ziemlich ähnlichen oder sogar entgegengesetzte Zustande gefunden haben. Die Bleisuperoxydbildung können wir uns auf zweierlei Weise vor sich gehend denken; entweder wird sofort Superoxyd, oder zuerst Sulfat gebildet:

$$Pbx + 2\,H_2SO_4 + Pb\,y = Pb(x-1) + PbO_2 + 2\,SO_3 + 2\,H_2 + Pb\,y$$

$$2\,SO_3 + 2\,H_2O = 2\,H_2\,SO_4 \text{ oder}$$

$$Pb\,x + 2\,H_2\,SO_4 + Pb\,y = Pb(x-1) + Pb\,SO_4 + H_2 + Pby$$

daraus:

$$Pb(x-1) + Pb\,SO_4 + H_2\,SO_4 + Pb\,y = Pb(x-1) + Pb\,O_2 + 2\,SO_3 + H_2 + Pb\,y$$

$$2\,SO_3 + 2\,H_2\,O = 2\,H_2\,SO_4$$

Man könnte den Process durch einfache Wasserzersetzung erklären, es zeigt sich aber, dass 2 Bleiplatten in reinem Wasser nur eine Oxydhydratschichte und keine Superoxydschichte erhalten, welche sofort auftritt, wenn Schwefelsäure zugesetzt wird.

Wird ein geladenes Element sich selbst überlassen, so kann man beobachten, dass der braune Ueberzug allmählich seine Färbung verliert, das Braun einem Gelb Platz macht. Diese Umwandlung wird dadurch erklärt, dass sich das Hyperoxyd zersetzt und schwefelsaures Blei gebildet wird, welches mit dem Bleihyperoxyd gemischt auftritt.

Das sich bildende Bleisulfat wirkt insoferne nützlich, als es sich bei einer nachfolgenden Reduction in schwammiges oder fein vertheiltes Blei umwandelt, ein Vorgang, der wirklich stattfindet, wenn man nach Planté's Anweisung zu Beginn der sogenannten Formation der Elemente die Richtung des eingeleiteten Stromes wechselt.

Nach Planté soll man ein neues Element am ersten Tage 6 bis 8mal laden und entladen, und zwar derart, dass man zuerst nur eine Viertelstunde, später eine ganze Stunde den Strom einleitet. Am folgenden Tage ladet man im umgekehrten Sinne zwei Stunden lang, nachdem man das Element die Nacht über ge-

laden sich selbst überlassen und erst morgens entladen hat.

Nun wird das Element wieder entladen, abermals umgekehrt geladen, das heisst, so wie am vorigen Abend, und acht Tage der Ruhe überlassen, während welcher Zeit es sich bedeutend verbessert.

Das Bleisulfat spielt eine wichtige Rolle in den Secundär-Elementen, weil es seiner Unlöslichkeit wegen das Hyperoxyd während der Ruhepausen vor einer raschen Zersetzung schützt. (Das Superoxyd hält nach Planté vier Wochen lang.)

Ist die Frist verflossen, wird das Element abermals einige Stunden in gleichem Sinne geladen und ihm dann 14 Tage Ruhe gegönnt. Indem man in solcher Weise fortfährt, wird es immer besser.

Das Bleisulfat ist es auch, das durch den elektrolytischen Sauerstoff in Hyperoxyd umgewandelt wird, während das auf der positiven Elektrode gebildete Anlass zur Entstehung schwammiger, zuweilen auch körniger Bleiabscheidungen giebt.

Man könnte glauben, dass zur Bildung des Hyperoxydes die einfache Sauerstoffabscheidung genügen und mit einem Male, wenn der Stromdurchgang nur genügend lang währt, eine nach Belieben dicke Superoxydschichte gebildet werden könnte. Dies ist aber nicht der Fall, weil das entstehende Superoxyd, indem es die Bleiplatte bedeckt, einer weiteren Einwirkung des Sauerstoffes Hindernisse in den Weg legt. Dies erklärt uns jetzt erst recht deutlich, warum die Ruhepausen, während welcher sich Bleisulfat bildet, nothwendig sind.

Wir haben bis jetzt hauptsächlich die Vorgänge an der negativen Elektrode besprochen. Das auf derselben vorhandene Bleisuperoxyd wirkt jedoch auch auf die positive Elektrode, weil es zur Bildung von Bleioxyd und da die Elektroden in verdünnter Schwefelsäure stehen, zur Bildung von Bleisulfat beiträgt.

$$PbO_2 + H_2SO_4 + H_2SO_4 + Pb = PbO + H_2O + H_2SO_4 + PbSO_4$$

woraus weiter entsteht

$$PbSO_4 + H_2O + H_2O + PbSO_4.$$

Dass trotz der grösseren Nähe der Bleiplatte, auf welcher sich das Superoxyd befindet, dieser Vorgang statt hat, kann gleichfalls durch die schützende Thätigkeit des Bleisulfates erklärt werden.

Der eben angeführte Process darf jedoch nichtsdestoweniger auch ganz auf die negative Elektrode bezogen werden und Aron schreibt ihm eine die Auflockerung der Bleioberfläche fördernde Thätigkeit zu, da ja aus einem Bleisuperoxyd und Blei zwei Bleisulfate gebildet werden, welche bei der nächsten Oxydation zwei Superoxyde bilden u. s. f.

Würde auch hier das Bleisulfat nicht schützend einwirken und alles Bleisuperoxyd sich mit dem Blei der negativen Elektrode umsetzen, so wäre, wie leicht einzusehen, dieselbe nach einigen Ladungen zerstört. Es zeigt dies abermals, welch' glücklichen Griff Planté gethan hat, als er zu derartigen Elementen gerade das Blei auswählte, das Anlass zur Bildung dieses allerseits fördernden und schützenden unlöslichen Salzes bietet.

Wir wissen nun, warum diese Elemente desto besser werden, je öfter man sie benützt, und warum

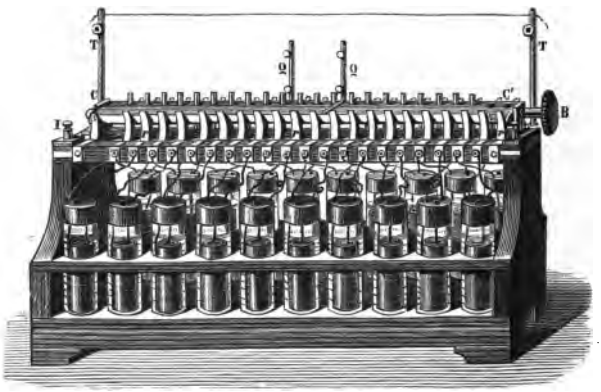
zu Beginn der Formirung auch ein Wechsel der Stromrichtung vortheilhaft ist. Später jedoch soll ein solcher nicht mehr stattfinden, weil man das Bleisuperoxyd, welches auf der einen Elektrode zurückbleibt, erst reduciren müsste, was einer Stromverschwendung gleichkommt. Nachdem wir, wie wir glauben, ein klares Bild der chemischen Vorgänge im Planté-Elemente gegeben, wollen wir Einiges über das Entladen sagen und dann zur Beschreibung der verschiedenen Gestalten der Planté-Elemente übergehen.

Planté hat seine Elemente auch zu Säulen vereinigt, welche in vielen Fällen besonders gute Dienste leisten können. Sehr behilflich hiezu ist der von ihm erdachte sinnreiche Commutator. Derselbe besteht in einer Holzleiste, welche an den Enden mit Axen versehen ist, die in Lagern ruhen; die schmalen Kanten sind mit Kupferstreifen belegt, wodurch alle Federn, in welche die Poldrähte der 20 Elemente enden, zu je 20 verbunden werden. Die Drähte sind so geführt, dass hiedurch alle gleichnamigen Elektroden verbunden, die Elemente auf grosse Oberfläche geschaltet sind. (Fig. 63.) Ferner ist die Leiste senkrecht zur Verbindungslinie beider Metallstreifen mit einer Anzahl Metallstiften versehen, welche, sobald der Commutator um $90^0$ gedreht wird, eine metallische Verbindung zweier gegenüber liegender Federn herstellen, wodurch die Elemente auf Spannung verbunden werden.

Sind alle 20 Elemente hintereinander geschaltet, so vertritt die Säule zu Beginn ihrer Entladung eine solche von etwa 30 Bunsen-Elementen von grosser Oberfläche, die einen langen dünnen Platindraht zum

Erglühen bringt, der zwischen den Klemmen $T$ und $T'$ eingespannt ist, oder auch einen kleinen Lichtbogen erzeugt. Sind die Elemente auf Quantität, d. h. nebeneinander geschaltet, so erhält man ein Element von riesig grosser Oberfläche, das einen wohl nur kurzen, aber dicken Platindraht zum Erglühen bringt, welcher zwischen den Zangen $Q$ und $Q'$ ausgespannt ist.

Fig. 63




In dieser Stellung wird auch die Säule von zwei Bunsen-Elementen geladen.

Selbstverständlich kann man nicht verlangen, dass die Säule, wenn sie von den beiden Bunsen-Elementen durch 5 Minuten geladen wird, dann auf Spannung geschaltet durch ebenso lange Zeit einen Strom von 30 Bunsen-Elementen liefert, weil wir ja wissen, dass die aufgespeicherte chemische Arbeit nur dem aufgewendeten Strome, dem gelösten Zink äquivalent sein kann. Abgesehen von sonstigen Verlusten, könnte also die Säule per Element nur durch $^5/_{15}$ Minuten einen

Strom liefern, von gleicher Art wie der Ladungsstrom war, was aber in Wirklichkeit nicht erreicht wird. Dies ist leicht erklärlich, wenn wir uns an die stattfindenden chemischen Processe erinnern, welche sich in den Elementen abspielen. Sorgfältige Versuche Planté's haben ergeben, dass $^9/_{10}$ der aufgewendeten Stromarbeit wieder gewonnen werden kann, also $^1/_{10}$ verloren geht.

Um nicht missverstanden zu werden, müssen wir bemerken, dass die Dauer der Entladung wohl eine 5 Minuten und noch länger währende sein kann, wenn der Widerstand im Schliessungsbogen ein grösserer ist, weil dann die aufgespeicherte Elektricität langsamer abfliesst.

Ein Element, das einen dicken Draht nur wenige Minuten lang zum Erglühen bringt, kann einen Platindraht, der nur $^2/_{10}$ Mm. Durchmesser hat, eine ganze Stunde lang in lebhafte Weissgluth versetzen.

Die Dauer der Entladung ist also direct proportional der Dicke der Bleisuperoxydschichte, also gewissermassen auch der Dauer der Ladung und der Grösse der Platten, ferner dem Widerstande proportional, welchen der verbindende Leiter bietet. In demselben Zusammenhang mit den eben genannten Grössen steht die Gleichförmigkeit des gelieferten Stromes.

Wir wollen hier das Beispiel anführen, welches Planté selbst in seinem Werke (»Recherches sur l'électricité« 1879, S.66) angiebt.

»Gerade so, wie aus einem weiten Gefäss, welches eine grosse Menge Flüssigkeit bei niedrigem Stand derselben enthält, durch lange Zeit Flüssigkeit unter fast

ganz gleichförmigem Druck ausströmen wird, wenn die Oeffnung klein ist, und gerade so, wie der Flüssigkeitsstrahl plötzlich abbricht, wenn die Wasseroberfläche die Ausflussöffnung erreicht hat, ebenso zeigt ein secundäres Element von grosser Oberfläche, das durch einen langen dünnen Draht geschlossen ist, erst dann eine Abnahme in der Stärke, sei es durch Abnahme der Glühwirkung oder schwächere Ablenkung der Magnetnadel, wenn es völlig ausgebraucht ist.

Ein dünner Platindraht wird lange in gleicher Gluth erhalten, und wenn die Abnahme beginnt, hört er auch plötzlich zu glühen auf.«

Bevor wir auf die praktischen Anwendungen des Planté-Elementes übergehen, wollen wir noch einer eigenthümlichen Beobachtung gedenken, welche man an entladenen Planté-Elementen machen kann, besonders dann, wenn die Entladung eine sehr rasche war.

Wenn nämlich ein derartig entladenes Element einige Zeit hindurch sich selbst überlassen war, bei offenem Stromkreis jedoch, so gewinnt es neuerdings die Fähigkeit, für kurze Zeit einen Strom zu liefern, ist auch dieser aufgebraucht, so kann man noch einmal dieselbe Beobachtung machen.

Planté erklärt dies damit, dass er eine Polarisation des Elementes annimmt, die so stark wird, dass sie die Kraft des geschwächten Elementes übertrifft, aber nach einiger Ruhe wieder verschwindet, weil dann eine Depolarisation vor sich geht.

Nach der Erklärung, welche wir im Vorhergegangenen von den chemischen Vorgängen im Planté-Elemente gegeben, können wir uns diese Erscheinung

auf folgende Weise zurechtlegen. Wenn die Entladung eine recht kräftige ist, kann es geschehen, dass eine Wasserzersetzung derartig eintritt, dass Sauerstoff an der Bleiplatte, Wasserstoff an der Bleisuperoxydplatte ausgeschieden wird, wodurch einerseits das schon gebildete Bleisulfat reducirt, das gebildete Bleioxyd andererseits oxydirt wird.

Da in solchen Augenblicken, wo der Strom aufhört, zu erwarten ist, dass beide Platten mit Bleisulfat und Bleioxyd bedeckt sind, wird sich dann einerseits am Blei Bleisuperoxyd, an der anderen Platte Blei bilden, bis der Strom erlischt. Die gebildeten Mengen können aber nur klein sein, und sie wirken nur, weil sie in der obersten Schichte vorhanden sind, die Ruhepausen geben ihnen Gelegenheit, sich mit den darunter liegenden Stoffen wieder umzusetzen, worauf das Element abermals befähigt ist, Strom auszusenden.

$$PbOO + H_2SO_4 + H_2SO_4 + H_2O + Pb = PbSO_4 + H_2O + H_2SO_4 + PbO_2$$

Trotzdem diese Elemente nur Ströme von verhältnissmässig kurzer Dauer geben, haben sie doch schon mannigfache Anwendungen gefunden.

Vor Allem dienten die grösseren Säulen zur gleichzeitigen Zündung von Sprengpatronen, welche dünne Platindrähte (0·05 Mm.) enthielten. Sie eignen sich besonders für Bergwerke, wo die Aufstellung grösserer Säulen schwierig, zeitraubend und kostspielig wäre, da sie nur wenige Augenblicke im Tage gebraucht werden; sie leisten noch Dienst, wenn die Leitung durch 900 Mtr. lange Drähte geschieht, die 3 Mm. dick sind.

Einem Vorschlag Niaudet's zufolge, den er in der ersten Auflage seines »Traité élementaire de la pile électrique« machte, könnte sie auch der Art zu Signalen, z. B. auf Schiffen, verwendet werden, dass man eine grössere Säule mit einer magnetoelektrischen Maschine ladet, nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen entladet, indem man den Strom zwischen Kohlenspitzen übergehen lässt, auf welche Weise der entstehende Voltabogen zwar kurze, aber kräftige Lichtblitze erzeugt.

Zur Beleuchtung innerer Körperhöhlen wurde das Element gleichfalls, besonders von Trouvé, in Gebrauch genommen, der es auch zum Erglühen der Drähte von galvanokaustischen Schneidewerkzeugen benützt. —

Vergessen dürfen wir des Weitern nicht das elektrische Feuerzeug »Briquet de Saturne«, welches aus einem kleinen Planté-Elemente besteht, das von 3 Daniell-Elementen geladen, eine kleine Kerze etwa 100 Mal entzünden kann. Achard benützte ferner 3 Planté-Elemente, die beständig durch 12 Daniell-Elemente geladen wurden, bei seiner elektrischen Bremse, und hat ausserordentlich befriedigende Ergebnisse erhalten.

Nicht unterschätzt darf auch der Gebrauch der Planté-Säule für physikalische Cabinete werden, denen bisher nur die Bunsen-Elemente zur Verfügung standen, welche, wenn eine grössere Leistung verlangt wird, eine umständliche Zusammenstellung erfordern, Säuredämpfe aushauchen und eine verschwenderische Elektricitätsquelle sind, was leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, wie viele Stoffe für einen nur kurz dauernden Versuch unnütz verbraucht werden; die Planté-Säule

hingegen fordert nur die Zusammenstellung zweier Bunsen-Elemente und gestattet Versuche anzustellen, zu welchen die zwanzigfache Zahl kaum ausreichend gewesen wäre. Planté selbst hat in seinem Laboratorium über 800 Elemente vereinigt, die 1200 Bunsen-Elementen entsprechen, er hat auch mit Benützung eines von ihm auf eigenthümliche Weise zusammengestellten Condensators, der Rheostatischen Maschine, die staunenswerthesten Versuche (z. B. Glasätzen durch den galv. Funken) angestellt, über welche er in seinem Werke: »Recherches sur l'électricité«, Paris 1879, ausführlich berichtet.

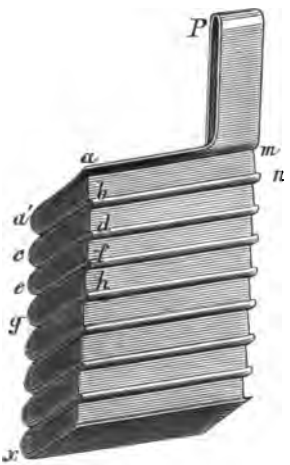
## Abänderungen des Planté-Elementes.

Im Nachstehenden führen wir einige der Verbesserungen des Planté-Elementes an, welche alle darauf hinauszielen, im kleinsten Raume unter dem geringsten Gewichte eine grosse Bleioberfläche zusammen zu drängen; es sind Umgestaltungen des Planté-Elementes, von welchen einzelne sich schon bedeutende Erfolge errungen haben. Was die Dauerhaftigkeit betrifft, so ist es in Frage, ob sie nicht zuweilen darunter Schaden leidet, was erst längerer Gebrauch zeigen wird.

Méritens-Accumulator (Lumière électrique 1881, 28. Sept. Nr. 52, S. 415) besteht aus 5 Cm. dicken, 9 Cm. breiten und 10 Cm. hohen Platten, die dadurch hergestellt werden, dass man 2 Mm. starke Bleiplatten wiederholt U-förmig biegt, wodurch eine Reihe von wagrechten Fächern entsteht, deren jedes mit dünnen Bleiblechen (0·2 Mm.) ausgefüllt wird. Um dem Gerippe Festigkeit zu geben, wurden die schmalen, lothrecht stehenden Seiten zu einem Ganzen vereinigt, indem

man die Kanten der Bleche miteinander verlöthet. In der Pariser elektrischen Ausstellung waren Kasten zu sehen, in welche je 2 solcher Platten, deren jede 1 Kgr. wiegt, unter einem Abstand von 5 Mm. eingesenkt waren. Die Fig 64 zeigt eine derselben. Die Société universelle d'électricité Tommasi in Paris stellt das Gerippe durch Guss her, die Fächer stehen unter einem Winkel von etwa 35° nach aufwärts, damit die Gase leichter entweichen können. Die Rückwand ist 2 Mm. stark, die ganze Platte, die entsteht, wenn die 0·1 Mm. starken Bleibleche in die Fächer eingelegt sind, ist 3·5 Cm. dick, 2 derselben stehen in einem Abstand von 2 Cm., den Hartgummiklötzchen aufrecht erhalten, in einem Kasten aus demselben Stoffe. (Fig. 65.)

Fig. 64.




Pezzer's Accumulator. Pezzer hatte die Beobachtung gemacht, dass in einem Accumulator mehr Elektricität aufgespeichert werden kann, wenn die negative Elektrode doppelt so gross als die positive ist.

Diese seine Erfahrung benutzte er im Vereine mit Carpentier zur Zusammenstellung einer neuen Secundär-Batterie (La lumière électrique, 14. Dec. 1881, Nr. 74, S. 379). Bleistreifen in der Länge von $^1/_2$ Meter, 10 und 15 Mm. Breite, 0·25 und 0·5 Dicke, werden

mittelst einer Plissirmaschine so gewellt, dass die Ausbuchtungen unter einem Winkel von 45° zur Längsrichtung der Streifen stehen.

Nachdem eine genügende Anzahl solcher Streifen vorgerichtet ist, werden die freien Enden zusammengelöthet und die so entstandenen Platten zu beiden Seiten

Fig. 65.

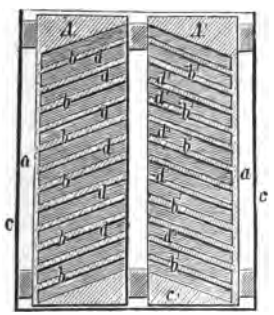
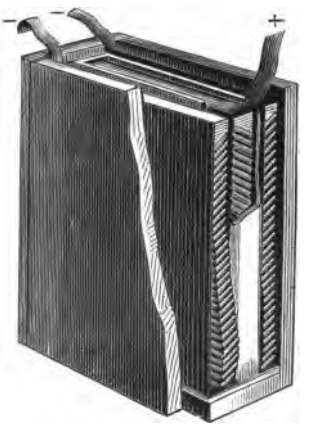



Fig. 66.




einer porösen Zelle, welche eine ebensolche Platte enthält, aufgestellt. Nach den Untersuchungen, welche sie anstellten, soll die Zelle den Widerstand nicht bedeutend vergrössern, dafür aber den Vortheil bieten, die bei dem Filz, Asbest und sonstigen Umhüllungsmitteln der Bleiplatten stattfindenden Bleidurchwachsungen, welche endlich beide Platten verbinden, zu verhindern. Wie aus der Fig. 66 ersichtlich, ergiebt diese Anordnung von selbst, dass die negative Elektrode überwiegt.

Sellon- und Volckmann (Scientific American, 13. Mai 1882; La lumière électrique, VI. Bd., Nr. 25, S. 585) bedienen sich durchlöcherter, gewellter Bleiplatten von etwa 4 Mm. Dicke, 50 Cm. Länge und 38 Cm. Breite. Die Oeffnungen — und darin liegt das Schwergewicht dieser Zusammenstellung — sind 2·5 Cm. gross und mit Bleischwamm ausgefüllt. Da der Abstand der Löcher von einander nur 2 Mm. beträgt, so bildet die Platte fast nur den Träger des sehr porösen Bleischwammes. Die Platten stehen auf der schmalen Seite in einem Holztrog, der 18 Cm. weit ist, zu 12 Elementen verbunden und durch Holzstäbchen getrennt. Derartige Zellen wiegen 375 englische Pfund, sollen 5 Pferdekräfte oder 200 Ampères für eine Stunde aufspeichern und 33 im Stande sein, 201 Glühlichtlampen nach Lane Fox (20 Candle) 7 Stunden lang in Betrieb setzen zu können. (Bericht von der Londoner elektrischen Ausstellung.)

Changy endlich sucht dadurch das möglichst geringste Gewicht bei grösster Oberfläche zu erlangen, indem er in ein Bleigefäss eine poröse Zelle stellt und diese, sowie auch den Aussenraum, mit Bleiflittern ausfüllt, die er dadurch herstellt, dass er geschmolzenes Blei gegen eine abgekühlte Fläche schleudert.

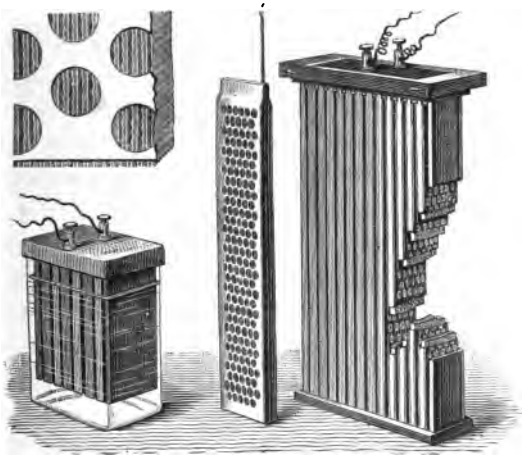
Kabath-Accumulator. (L'Électricien.) Am meisten ausgebildet scheint dieses Element zu sein, das in 3 bestimmten Grössen hergestellt wird.

Das kleinere, 6 Kilo wiegend, (Modele dit de laboratoire) kostet 30 Francs; das grössere, 26 Kilo wiegend, 75 Francs. Dieselben bestehen aus geraden und gewellten, sehr schwachen (0·1 Mm.) Bleiplatten

in abwechselnden Lagen, die von einem Mantel aus durchlöchertem stärkeren Bleiblech zusammengehalten werden. (Fig. 67.)

Derartig gebildete Platten von 8—9 Cm. Breite enthalten 80—100 dünne Bleistreifen, sie werden sowohl

Fig. 67.



stehend als liegend in Ebonitkästen eingeführt, und zwar enthalten die hohen Kästen (Fig. 67) 12 Platten, die 40 Cm. lang, 8·5 Cm. breit und 1 Cm. dick sind, sie wiegen sammt Flüssigkeit 35 Kgr. Die kleinen Laboratorium-Säulen sind in Glasgefässe untergebracht und bestehen aus 6 schmalen Platten. Die niedrige Form enthält 10 Platten und wiegt nur 25 Kgr. Die Platten sind an ihren Enden durch ein Isolirmittel festgekittet.

Faure-Element. Camillo Faure gebührt das Verdienst, die erste Anregung zu einer durchgreifenden

Vervollkommnung des Planté-Elementes gegeben und ihm damit den Weg in die Praxis geebnet zu haben. Erst drei Jahre sind verflossen, seit die Kunde von einem neuen leistungsfähigen Secundär-Elemente in die Oeffentlichkeit drang, und schon haben wir eine stattliche Reihe der verschiedenartigsten Abänderungen des Planté-Elementes.

Früher nicht geahnte Verwendung findet jetzt das secundäre Element, und ist es auch noch nicht möglich, wie manche Enthusiasten im ersten Jubeltaumel meinten und Tagesblätter ausposaunten, die Elektricität in Büchsen wie Pomade zu kaufen, um den Bedarf an Elektricität für häusliche Beleuchtung eine Woche lang zu decken, so hat doch der Accumulator, trotz seiner Schwerfälligkeit, sich schon mancherlei Gebiete erobert; wir werden später auch einige der Hauptanwendungen kennen lernen.

Ebenso falsch als es ist, überschwängliche Hoffnungen an eine neue Erfindung zu knüpfen, ebenso falsch ist es, wie manche Enttäuschte es thun, von schwindelhaften Anpreisungen zu sprechen und das Faure-Element in seiner Wirksamkeit einem gut formirten Planté-Element gewöhnlicher Art an die Seite zu stellen.

Es ist noch keineswegs erwiesen, dass ein gewöhnliches Planté-Element ebenso wirksam gemacht werden kann, als es ein solches nach Faure ist, und der Einzige, der es in guter Formirung am weitesten gebracht hat, Planté selbst, gesteht zu, dass dann das Element leicht dem Zerfalle preisgegeben, also nicht mehr länger anwendbar ist — und was hat ein solches Element gekostet?

Nach dieser kurzen Abschweifung wollen wir zurückkehren zur Beschreibung des Elementes selbst.

Bei der Verbesserung des Planté-Elementes ging das Hauptaugenmerk Faure's darnach, sowohl eine grössere Dicke der Bleisuperoxydschichte zu erlangen, als auch die Zeitdauer, den Stromaufwand zu verringern, welche sonst zur Formirung nothwendig sind.

Er erreichte seine Ziele dadurch, dass er die Bleiplatten schon vom Hause aus mit einer Sauerstoffverbindung des Bleies bedeckte, und er wählte dazu mit glücklichem Griff das Minium, das häufig als eine Verbindung des Superoxydes $Pb\ O_2$ mit dem Bleioxyd $Pb\ O$ betrachtet wird und die Formel $Pb_2\ O_3$ besitzt.

Ehe wir auf die chemischen Processe eingehen, wollen wir die Herstellungsweise solcher Platten, und später an der Hand der Vorgänge, die Zweckmässigkeit derselben besprechen, dabei auf die Punkte aufmerksam machend, welche von Wichtigkeit sind.

Bei der Herstellung eines Elementes ist vor Allem darauf zu achten, ob die Platten, wie bei Planté, blos eingerollt oder einander gegenüber gestellt werden sollen, weil in dem ersteren Falle eine länger genommen werden muss, wenn man einer Bleiverschwendung vorbeugen will.

Zweckmässig benützt man schliesslich jene, welche die grössere Oberfläche hat, als negative Elektrode, (und stellt sie auch aus stärkeren Bleiplatten her. 1 Mm. und 1·5 Mm.)

Sind die Streifen zugeschnitten, etwa in der Länge von 40 und 60 Cm., bei einer Höhe von 20 Cm.,

und zwar so, wie wir beim Planté-Elemente erwähnten, dass ein Ableitungsstreifen bleibt, dann beginnt man mit dem Auftragen der Mennige, welche mit verdünnter Schwefelsäure, nach anderen Vorschriften unter Zusatz von Stärke, zu einem Brei angerührt wird. Auf die eine der genannten Platten sollen 800 Gramm, auf die andere 700 Gramm kommen.

Wir werden erfahren, dass es nach neueren Untersuchungen zweckmässig erscheint, eine der Platten sogar mit der doppelten Gewichtsmenge dieses Stoffes zu versehen. Ist das Minium aufgetragen, so bedeckt man es mit einem Bogen Pergamentpapier und hüllt das Ganze in Filz ein. Sodann wird die zweite Platte aufgelegt und beide zusammen eingerollt, aber derartig, dass ein genügender Zwischenraum bleibt, damit die Gase entweichen können.

Nach anderen Vorschriften bleibt das Pergamentpapierblatt ganz weg, und wird sowohl das Blei als auch der Filz oder Flanell auf der Seite, mit welcher er aufgelegt wird, mit Minium bestrichen.

Der auf die beschriebene Art hergestellte Cylinder kommt nun in ein Bleigefäss, welches zugleich als Elektrode benützt werden kann, oder auch in ein solches aus Steingut; glasirte Thongefässe eignen sich nicht, weil die Glasur bald zerstört und das Gefäss dann säuredurchlässig wird.

E. Reynier, der sich mit der Herstellung dieser Art Elemente beschäftigt, benützt Glasgefässe, wie Fig. 68 zeigt, auch hat er den Gebrauch von Filz der bald zerstört wird, aufgegeben und verwendet Schafwollgewebe (Sarsche) zum Einhüllen der Bleiplatten.

Der Gebrauch von durchsichtigen Gefässen bietet den Vortheil, dass man das Verhalten der Elemente leicht überwachen und aus demselben entnehmen kann, ob sie in gutem Zustande sind.

Fig. 68.

Hat sich z. B. eine metallische Verbindung durch Bleiablagerung zwischen den beiden Platten hergestellt, so verräth sich dies dadurch, dass Gasblasen aufsteigen, wenn das geladene Element der Ruhe überlassen ist; während des Ladens bildet wieder das Entweichen der Sauerstoffgasblasen an der negativen Elektrode ein Zeichen, dass man dasselbe beenden kann.

## Chemische Vorgänge im Faure-Elemente.

Sobald die mit Mennige bedeckten Platten in die verdünnte Schwefelsäure getaucht werden, findet folgender Process statt:

$$Pb_3O_4 + 2H_2SO_4 = PbO_2 + 2PbSO_4 + 2H_2O$$

Dieser Process kann jedoch nicht weiter in die Tiefe fortschreiten, weil beide Stoffe unlöslich sind.

Wenn nur Superoxyd zu bilden wäre, so würden, wie obige Gleichung zeigt, 2 Moleküle Schwefelsäure genügen. Nun soll aber auch eine Reduction stattfinden und für diese sind dann nur 4 Wasserstoff zur Verfügung. Betrachten wir 2 Bleisulfat, welche von 1 Minium herrühren, so haben wir:

$$2PbSO_4 + 2H_2O + 2H_2O = 2PbO_2 + \\ + 2H_2SO_4 + H_4$$

1 Minium auf der anderen Platte fordert aber in gleicher Zeit 8 Wasserstoff, es scheint daher die Annahme gerechtfertigt, dass man die eine Platte mit der doppelten Menge Minium versehen muss, um nicht Verluste zu erleiden. Es wurde auch die Beobachtung gemacht, dass die Stromstärke einen bedeutenden Einfluss darauf hat, welche Menge Sauerstoff aufgespeichert wird, in welcher Zeit sich der Process vollzieht und welcher Sauerstoffverlust stattfindet.*)

Mittlere Stromstärken liefern das beste Ergebniss, d. h. die geringsten Verluste. Unvortheilhaft dürfte es sein, den Strom weiter einzuleiten, wenn der Sauerstoff zu

*) Gladstone und Tribe, La lumière électr. 1882, Nr. 14, S. 331.

entweichen beginnt, weil die Gegenwart von einer gewissen Menge Bleisulfat, wie uns bereits bekannt ist, trotzdem dieselbe den Widerstand steigert, vortheilhaft ist, um Localwirkungen zu verhindern. Andererseits ist es nothwendig, dass die Reduction des Miniums vollständig geschehe, weshalb es vielleicht gut wäre, weniger aufzutragen. Tribe und Gladstone haben bei 1:2 befriedigende Ergebnisse erhalten, es ist aber fraglich, ob diese Anordnung gleich gut für Ladung und Entladung ist.

Schulze-Accumulator. Auf der Münchener Elektricitäts-Ausstellung, welche leider gerade von den Erfindern der Accumulatoren sehr stiefmütterlich bedacht war, lenkte der vom ehemaligen Telegraphen-Controlor O. Schulze in Strassburg zusammengestellte Accumulator die allgemeine Aufmerksamkeit der Besucher auf sich.

Schulze bringt nämlich die Auflockerung der Bleioberfläche dadurch hervor, dass er die Zersetzbarkeit der Schwefelverbindung des Bleies benützt. Zu diesem Behufe erhitzt er die mit Schwefelpulver bestreuten 0·5 Mm. starken Bleiplatten, und stellt sie dann in geringer Entfernung von einander in verdünnte Schwefelsäure. Sobald Strom eingeleitet wird, entweicht auf der einen Seite, an welcher sich sonst Wasserstoff entwickeln würde, die Schwefelverbindung dieses Gases, während sich auf der anderen Bleisulfat bildet, das dann in Superoxyd übergeführt wird.

Natürlich verläuft der Process nicht so glatt, und dürfte auch das Bleisuperoxyd, so lange noch Schwefelblei vorhanden, auf dieses oxydirend wirken, was auch erklärt, warum das Element, wenn es nicht ganz vollständig formirt ist, 8% an Ladung verliert, sobald es

aber Nachts sich selbst überlassen ist, oft nur die Hälfte der Ladung wiedergiebt. 30 Platten sind zu einem Elemente vereinigt und dadurch in geringen Abständen von einander gehalten, dass dieselben in Hartgummirahmen, die mit Einschnitten versehen sind, gefasst werden.

Die Platten sind 23 Cm. lang, 12 Cm. breit und so nahe aneinander gesetzt, dass der Querschnitt ein Quadrat von 12 Cm. Seite bildet; ein derartiges Element wiegt 8 Kgr., dazu kommt noch 1·5 Kgr. Flüssigkeit; es kostet 30 Mark.

Zur Ladung sind 60 Stunden erforderlich, wenn der Ladungsstrom 4 Ampères hat (bei 40 Volts), was einer Arbeitsleistung von 40'000 S.-K.-M. entspricht. Wiedergegeben werden 15—20'000 S.-K.-M. Der Widerstand eines geladenen Elementes soll nur 0·005 Ohms betragen und bei der Entladung auf 0·015 steigen. Der geringe Widerstand erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass die Oberfläche 1·2 Qu.-Mtr. gross und die Abstände der Platten sehr klein sind. Ein etwa 4 Mm. starker Kupferdraht schmilzt daher, wie wir gesehen haben, bei Kurzschluss eines Elementes sofort ab. —

## Accumulatoren mit einer Bleiplatte.

Seitdem die Aufmerksamkeit der Elektriker auf die Secundär-Elemente gerichtet ist und die Erkenntniss sich Bahn gebrochen hat, dass die Blei-Accumulatoren, ihres grossen Gewichtes wegen, einer regeren Benützung schwer zugänglich sind, entstand das Bestreben, andere Stoffe statt Blei in Verwendung zu

bringen, ein Wunsch, der vielleicht noch unterstützt wurde von der Absicht, die Patente zu umgehen, welche sich Faure auf seine Verbesserung des Planté-Elementes genommen hatte.

Eine kurze Ueberlegung zeigt, dass fast die Mehrzahl der galvanischen Elemente einer Verwendung als Accumulatoren mehr, minder fähig sind, sobald sie eine Rückbildung der Stoffe, mit welchen sie ursprünglich beschickt wurden, durch Einleitung eines Stromes gestatten. Stellen wir uns vor, wir hätten ein ausgebrauchtes Smee-Element, welches also nur mehr Zink, Zinksulfat und die Platinplatte enthält, so könnte durch Einleitung eines Stromes das Zinksulfat zerlegt, das Zink niedergeschlagen und die Schwefelsäure in Freiheit gesetzt werden, ein Gleiches würde das Zink-Kohle-Element gestatten. Leider sind diese Elemente nicht constant genug, um überhaupt an ihre Verwendung denken zu können, und fände jedesmal ein Verlust statt, da ja der Sauerstoff, welcher an der negativen Elektrode (Platin oder Kohle) ausgeschieden wird, entweicht, auch zur Trennung etwa 3 D. nothwendig sind, während nur 0·7 geliefert werden. Es liegt daher nahe, dass eine Besserung der Verhältnisse nur dadurch erzielt werden kann, wenn man diese Elektroden mit Stoffen umgiebt, welche den Sauerstoff zu binden und wieder leicht abzugeben im Stande sind. Wenn wir nach der Reihe, in welcher wir die galvanischen Elemente besprochen haben, vorgehen, so stösst uns sofort das Leclanché-Element auf; in der That haben Arsonval*), sowie Maiche in dieser Rich-

*) »La lumière électrique«. IV. 1881, S. 207.

tung Versuche angestellt und will letzterer zu sehr befriedigenden Ergebnissen gelangt sein*), indem er die gepressten Platten in verdünnter Schwefelsäure anwendete. 35 Elemente, durch eine kleine Gramme'sche Maschine geladen und dann hintereinander geschaltet, konnten einige Zeit hindurch einen Lichtbogen erzeugen. Arsonval gelangte zur Ueberzeugung, dass die Anwendung von Blei ein besseres Ergebniss liefern müsse.**)

Arsonval's Accumulator besteht demnach aus einer Kohlenelektrode, welche mit Kohlenklein, das mit feinem Bleischrot (Vogeldunst) gemischt ist, umgeben wird, und einer Zinkelektrode.

Ein derartiges Element, das 1 Kgr. Bleischrot enthielt, konnte 4 Stunden lang einen Motor nach Deprez in Thätigkeit setzen. Die elektromotorische Kraft beträgt 2·1 Volts und soll ein Amalgamiren der Zinkelektrode vor Ladungsverlusten während der Ruhe schützen. Nach der Meinung Arsonval's könnte das Blei durch Silber oder Kupfer in geeigneten Lösungen ersetzt werden. Dieser Zusammenstellung sehr ähnlich ist

Böttcher's Accumulator, der in der Münchener Elektricitäts-Ausstellung zu sehen war und aus 0·4 Mm. starken Zinkblechen, welchen gewellte und gekörnte Bleifolie gegenübersteht, zusammengesetzt ist.

Böttcher legt auf das geringe Gewicht seines Accumulators besonderen Werth und betont, dass er, wenn ausgebraucht, doch noch Strom liefert. 24 Ele-

*) »La lumière électrique«, II. Bd. 1881. S. 78.
**) Eben dort II. Bd. 1880, S. 78.

mente, die auf 2 Tröge vertheilt waren, hatten ein Gewicht von 24 Kgr. Der eben angedeutete Vortheil ist wohl sehr fragwürdiger Natur, da, wie ja bekannt, derlei Elemente sich ausserordentlich rasch polarisiren, dagegen ist jener, dass die Anwendung von Zink das Aufspeicherungsvermögen, die elektromotorische Kraft vermehrt, nicht zu unterschätzen.

Ein jedes Element enthält 300 Grm. Zinksulfat, aus welchem sich das Zink auf die positive Elektrode körnig abscheiden soll. Der Process dürfte wie folgt verlaufen:

$$Zn + ZnSO_4 + Pb = Zn_2 + PbSO_4$$
$$2Zn + ZnSO_4 + H_2O + H_2O + PbSO_4 =$$
$$= 3Zn + 2H_2SO_4 + PbO_2.$$

Es bildet sich also schliesslich verdünnte Schwefelsäure und Bleisuperoxyd, woraus ersichtlich, dass die Elemente wohl bald nach der Ladung gebraucht werden müssen, weil sich sonst das Zink wieder auflöst. Diesem Uebelstande zu begegnen, sind die Elemente derart eingerichtet, dass sie aus der Flüssigkeit herausgehoben werden können. Die negativen Elektroden bestehen aus dünnen, der Länge nach gefalteten Bleiplatten, etwa wie im Smee-Element, die mit Bleiglätte bedeckt sind, welche von Pergamentpapier umgeben und durch Kautschukröhrchen vor der Berührung mit den Zinkplatten geschützt sind.

Wie bereits erwähnt, wiegen 12 Elemente nur 23—24 Kgr., sie entsprechen aber dabei einer dreimal grösseren Anzahl nach Faure; jedes kostet etwa 12 Mark. Auf jeden Beschauer dürften sie jedoch den Eindruck gemacht haben, dass sie einer höchst sorgfältigen Be-

handlung bedürfen, um nicht der Zerstörung anheim zu fallen, ein Fehler, der sich wohl wird umgehen lassen.

Der innere Widerstand dürfte sich während der Entladung nicht unbedeutend ändern, da wir ja zu Beginn verdünnte Schwefelsäure, zum Schluss Zinksulfat, wie schon gesagt, im Elemente haben.

Sutton's Accumulator. Von der Behauptung ausgehend, dass ein Amalgamiren der Bleiplatte das Aufnehmen des Sauerstoffes erleichtere, und unter Berücksichtigung dessen, dass Kupfer sich in verdünnter Schwefelsäure nicht löst, stellte Sutton sein Element zusammen, welches aus abwechselnd nebeneinander gestellten und durch Gummieinlagen getrennten Blei- und Kupferplatten besteht, die in Kupfersulfatlösung tauchen.*) Aron bestätigt die erste Ansicht und vermuthet, dass die Schwefelsäure, welche sich vom Kupfersulfat loslöst, kräftiger als gewöhnliche Säure wirkt.

Durch das Laden, bei welchem man ein eigenthümliches Geräusch vernehmen kann, das von einer Veränderung in der Elektrodengestalt herrühren dürfte, bildet sich Superoxyd, während Kupfer abgeschieden wird.

Ein Element, dessen Elektroden bei 10 Cm. Breite 10 Cm. hoch waren und das einen halben Liter Kupfersulfat enthielt, soll 2 Stunden lang einen Platindraht von 0·52 Mm. Durchmesser und 10 Cm. Länge in Rothgluth erhalten haben. Sutton gab seinen Accumulatoren die Gestalt der Trogbatterie von Cruikshanks, die dann 25 Platten von 1□′ Fläche enthält. 2 solche

*) Siehe auch »La lumière électrique«. VI. Bd. 1882, S. 44.

Batterien werden von 30 Bunsen-Elementen geladen, und sollen einen langandauernden, kräftigen Strom liefern.

Zu bedenken bleibt der Umstand, dass Kupfersulfat ziemlich schlecht leitet und leicht durch Kupferausscheidung Anlass zur Verbindung beider Platten giebt.

Das Gefäss darf auch keine Krystalle von Kupfersulfat enthalten, weil diese schädlich wirken. — Diese verschiedenen Fehler zu umgehen, hat Swan vorgeschlagen, blos verkupferte Bleiplatten anzuwenden. Sutton hat auch versucht, das Kupfer durch Zink und Eisen zu ersetzen, fand indessen das Kupfer als am geeignetsten.

## Accumulatoren ohne Bleiplatten.

Houston und Thomson*) haben endlich geradezu das Daniell-Element als Accumulator benützen wollen, indem sie ihm eine dem Callaud- oder auch Thomson-Elemente ähnliche Gestalt gaben.

Es ist leicht einzusehen, dass dieser Accumulator an allen Fehlern seiner Vorbilder leidet und sehr gross sein muss, um einen geringen inneren Widerstand zu besitzen, auch mischen sich die Flüssigkeiten, wenn er unbenützt steht, was ein schwerer Fehler ist. Dieser ist beseitigt in dem Elemente, welches E. Reynier erdachte, und welches wir auf Seite 212 beschrieben haben; leider eignet es sich auch nicht ganz, da sich Kupfer am Pergamentpapier absetzt.

*) »La lumière électrique«, II. Bd. 1880, S. 68.

Arsonval-Element. Denselben Vortheil wie Reynier zu erreichen, stellte Arsonval folgende Elemente zusammen, deren Beschreibung wir den sehr lehrreichen Versuchen, welche Arsonval, unter der Ueberschrift »Recherches sur les piles« in »La lumière électrique« 1881, III. und IV. Bd., veröffentlichte, entnehmen.

Er stellte die positive Elektrode aus Zink in eine Lösung der Chlorverbindung dieses Metalles, und die Silberelektrode in Silbernitrat, wodurch Anlass zur Bildung von Chlorsilber gegeben wird, das zwar leitet, aber doch leider den Widerstand erhöht, wenn es die Poren der Zelle ausfüllt, so lange aber nicht entsteht, so lange in Folge der Zinkauflösung Wasserstoff abgeschieden wird. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 1·5 Volts. Das Element ist recht constant und bietet den ferneren Vortheil, dass die Bildung leicht in die Tiefe fortschreitet, was, wie wir wissen, bei dem Blei nicht stattfindet; freilich wird dadurch leicht auch die Elektrode zerstört, wenn sie nicht stärker, als unbedingt nothwendig ist, gehalten wird.

Dieser Zusammenstellung sehr ähnlich ist jene, welche entsteht, wenn das Chlorid der Lösungselektrode durch das Sulfat derselben, das Silber durch Blei, die selbes umgebende Flüssigkeit aber durch das Nitrat dieses Metalles ersetzt wird.

Es bildet sich dann ebenfalls, wie oben, ein unlösliches Salz in der Zellenwand (Bleisulfat), die elektromotorische Kraft aber sinkt auf den halben Werth, 0·75 Volts, herab.

Auch H. Aron, der sich mit diesem Gegenstande beschäftigte, stellte ein Element aus Zink in Zinkvitriol oder verdünnter Schwefelsäure und Blei in Bleizuckerlösung zusammen. Es leidet aber an demselben Uebel, dass sein innerer Widerstand sehr gross ist. Die Rückbildung geht leicht von statten, auch verzehrt es während der Ruhe thatsächlich nichts, was selbes zu manchen Verwendungen (telegraphische Zwecke) recht empfehlenswerth macht.

Wir könnten noch die Versuche von Varley, der Kohlenelektroden, Zink-Amalgam, verdünnte Schwefelsäure und Zinksulfatlösung verwendete, oder Somzee, der Zink, Kohle und Quecksilbersulfat benützt, auch noch manche andere Vorschläge erwähnen; leider ist der Raum hier zu beschränkt, als dass wir weiter darauf eingehen könnten.

Anführen wollen wir nur noch die Versuche von Dumoncel*), der freilich nur kurz andauernde Ströme erhielt, indem er Chlorammonium, Chlornatrium über Quecksilber elektrolytisch zerlegte, wodurch Ammonium- oder Natriumamalgam entstand. Wurde das Quecksilber als positive Elektrode benützt, bildete sich auch Quecksilberoxyd; der Strom war aber alsdann von noch kürzerer Dauer.

Auch Palladium wurde als positive Elektrode vorgeschlagen, weil es fähig ist, sehr viel Wasserstoff aufzunehmen; leider ist dieser Stoff zu kostbar. Anschliessen lassen würden sich hier auch die Gaselemente, oder derlei Zusammenstellungen, wie Zenger aus Prag

*) Comptes rendus vom Jahre 1873, LXXVI, p. 880, 958, 1136.

eine in München vorführte, in welcher Platinelektroden, einerseits von Wasserstoff, andererseits von Brom umgeben waren, die auch einen Strom von 1·8 Volts entwickelte, aber kaum praktisch anwendbar sein dürfte, worauf wir in diesem Buche zu sehen haben.

## Das Laden der Accumulatoren.

Wir haben schon einige Säulen kennen gelernt, welche sich sehr gut dazu eignen, ihren Strom in diesen Secundär-Elementen aufzuspeichern, ein Vorgehen, das nicht, wie es im ersten Augenblick den Anschein hat, zwecklos, umständlich und verschwenderisch, sondern das gerade Gegentheil von Allem dem ist.

Wir bekommen vor Allem die Elektricität, durch den Accumulator in eine andere Form umgestaltet, zu jeder Zeit zur Verfügung gestellt, ohne die Elemente zusammensetzen oder unnützen Zinkverbrauch befürchten zu müssen. Wollten wir täglich mit einer Batterie Licht erzeugen, so hätten wir sie täglich zu füllen und zu zerlegen, benützen wir gleichzeitig Accumulatoren, so brauchen wir an kein Zerlegen zu denken, denn Tags über ladet sie die Secundär-Elemente, Abends wird sie mit diesen zur Beleuchtung verwendet, natürlich ist auch die entgegengesetzte Verwendung möglich, Ladung Nachts, Gebrauch Tags über zum Betrieb kleiner Maschinen. Wir sprechen hier nicht von den Kosten, nicht davon, ob es überhaupt vortheilhaft ist, Batterien anzuwenden, sondern davon, dass es besser ist, solche mit Accumulatoren in Verbindung zu bringen. Wir werden später noch andere Elektricitätsquellen, die

Thermo-Säulen, kennen lernen; diese liefern bis heute überhaupt nur verhältnissmässig schwache Ströme, sie können uns gleichfalls dazu dienen, unsere Accumulatoren zu laden. Endlich, und das ist die Hauptsache, stehen oft Natur- oder Maschinenkräfte zu Zeiten unbenützt zur Verfügung, diese, die also wohlfeil zu haben sind, können zur Elektricitätserzeugung benützt und in den Accumulatoren ihre Leistung bis zum günstigen Augenblicke aufbewahrt werden.

Es ist selbstverständlich, dass zum Laden nur Elemente verwendet werden können, welche einen constanten Strom liefern, der auch eine nicht zu geringe Stärke hat, damit die Säule nicht zu gross wird. Unschwer einzusehen ist, dass die ladende Säule in der elektromotorischen Kraft mindestens gleich sein, besser aber überwiegen muss, wenn eine vollständige Ladung des Secundär-Elementes erzielt werden soll.

Denken wir uns, das Secundär-Element habe 2 Volts und wir hätten 8 hintereinander geschaltet, was 16 Volts giebt, so muss auch die Ladungssäule einen Strom von mindestens 20 Volts, oder besser 25 Volts haben.

Hätten wir aber nur eine solche, die 6 Volts besitzt, so müssten wir die Accumulatoren nebeneinander schalten und zwar so, dass die Spannung dann nur etwa 4 Volts beträgt, also 2 hintereinander, dann die entstehenden 4 Säulen nebeneinander; selbstverständlich wird dadurch die Dauer der Ladung verlängert, denn diese hängt von dem Fassungsvermögen (Capacität) der secundären Elemente und von der Stärke des Ladungsstromes ab.

Während dem Laden ist vorzüglich darauf zu achten, dass keine Ursache vorhanden ist, welche eine Schwächung des Ladungsstromes herbeiführen könnte weil sich dann die Accumulatoren theilweise entladen würden, denn die beiden gegeneinander gespannten Säulen verhalten sich gerade so wie in einem Communications-Gefäss der Stand der Flüssigkeit in dem einen Schenkel zu dem im anderen.

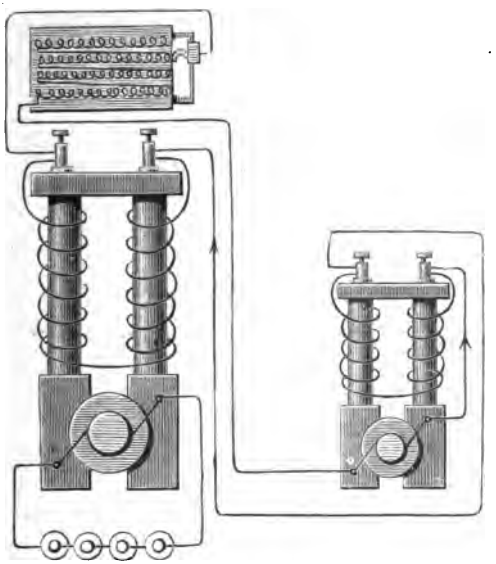
Solche Zufälle zu vermeiden, empfiehlt es sich, einen der jetzt schon zahlreichen elektromagnetischen Umschalter anzuwenden, die wir beschreiben werden.

Das Laden durch magnetoelektrische Maschinen hat gar keine Schwierigkeit, wenn man darauf achtet, dass die Geschwindigkeit des Ankers eine gleichförmige bleibt. Bezüglich der Schaltung, welche man den Elementen geben soll, können wir nur sagen, dass sich dieselbe nach der Art der Bewicklung des Ankers richtet.

Ist die Maschine für galvanoplastische Zwecke gebaut, besitzt also aus dicken Drähten bestehende Windungen, einen geringen Widerstand, so müssen wir, um den Strom möglichst auszunützen, wie wir wissen, auch den äusseren Widerstand gering machen, die Elemente also entsprechend nebeneinander schalten, indem wir sie in kleine Gruppen hintereinander geschalteter Elemente eintheilen, so dass der Gesammtwiderstand den der Maschine um das zwei- bis dreifache übertrifft. Will man schnell laden, wird man den Widerstand der Säule kleiner machen und umgekehrt. Wir wollen nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, dass ein langsames Laden besser zum Ziele führt, wie wir

schon gelegentlich der chemischen Vorgänge in den Planté- und Faure-Elementen angegeben haben, wo es heisst, dass mittlere Stromstärken am günstigsten wirken. Hat der Anker eine Umwindung von feinen Drähten, wodurch ein grösserer innerer Widerstand,

Fig. 69.



aber auch eine grössere elektromotorische Kraft erzeugt wird, so schaltet man die Elemente hintereinander.

Es versteht sich von selbst, dass die Säule früher ausgeschaltet werden muss, ehe der Motor abgestellt wird, sonst fände eine Entladung der Elemente statt, die unter Umständen höchst verderblich wirken würde.

Viel schwieriger gestalten sich die Verhältnisse, wenn eine dynamoelektrische Maschine den Strom

liefert, weil diese sehr leicht geneigt ist, die Richtung des Stromes zu ändern, wenn die Accumulatoren eine gewisse Ladung empfangen haben. (Fig. 70.)

Hat man eine zweite kleine Maschine zur Verfügung, so kann man diese dazu benützen, den Elektro-

Fig. 70.

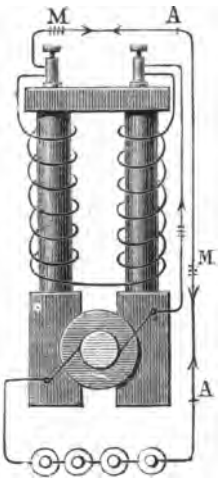
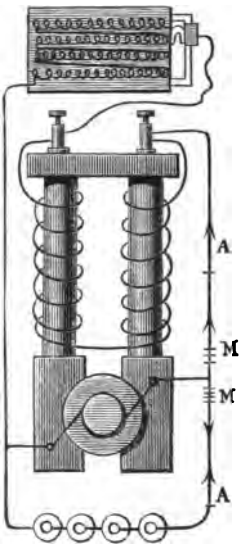



Fig. 71.




magneten zu speisen, (Fig. 69) und bekommt dann Ströme, wie von der magnetoelektrischen Maschine. Zwischen beiden Maschinen schaltet man in die Leitung einen Widerstand, damit der Elektromagnet nicht zu stark wird. Hat man aber nur eine Dynamo-Maschine, so muss man die Elemente als Nebenschluss schalten.

Dies vollführt man derart, dass man die Drähte von einem Rheostaten zu den Polklemmen der Maschine

führt, um die Stärke des Stromes, welcher die Elektromagnete magnetisirt, in der Gewalt zu haben, während man den Strom für die Accumulatoren von den Bürsten abzweigt. (Fig. 71.)

Der Strom theilt sich dann an den Bürsten und geht einerseits in die Secundär-Batterie, andererseits in den Elektromagneten, je nachdem man eben durch den Rheostaten Widerstände einschaltet.

Würde gar kein, oder zu wenig Widerstand eingeschaltet, so wäre die Maschine kurz geschlossen und die Isolirung des Ankers der Gefahr ausgesetzt verbrannt zu werden.

Wir haben schon darauf hingedeutet, dass die Maschine, mit welcher die Accumulatoren geladen werden, eine gleichförmige Umdrehungsgeschwindigkeit besitzen soll. Dies ist nothwendig, damit nicht der Fall eintritt, dass, wenn die Secundär-Batterie geladen ist, sich selbe in die Maschine, weil sie in Folge geringerer Umdrehungsgeschwindigkeit, entstanden durch Gleiten oder Reissen des Riemens, einen schwächeren Strom erzeugt, theilweise entladet. —

Da eine beständige Ueberwachung unthunlich ist, ja es zuweilen sogar zweckmässig ist, eine unregelmässig wirkende Kraftquelle zur Ladung der Batterie zu benützen, hat man selbstthätige Ausschalter ersonnen, welche die Verbindung der Stromquelle mit den Secundär-Batterien unterbrechen, sobald die Stromstärke der ersteren um ein gewisses Mass gesunken ist. —

Fig. 72 zeigt einen solchen Apparat, welchen Hospitalier erfunden hat, dessen Beschreibung wir

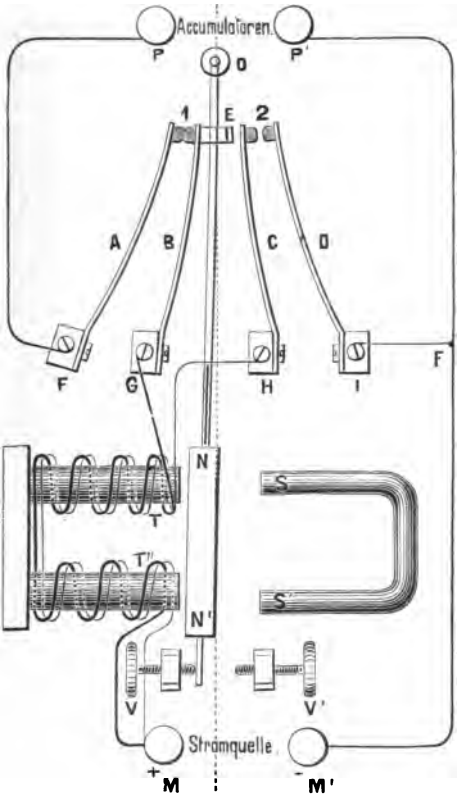
den Sitzungsberichten der Pariser physikalischen Gesell schaft entnehmen.

Ein Eisenstück $NN'$ pendelt zwischen einem Magneten und einem Elektromagneten mit zweierlei Drahtwindungen, dabei ist sein Gang durch 2 Schrauben $VV$, begrenzt, was nothwendig ist, um sowohl ein richtiges Functioniren der Contacte 1 und 2 zu erreichen, als auch die Anziehungskräfte der beiden Magnete richtig vertheilen zu können.

Ehe der Strom der Maschine bei $M$ eintritt, ist der Anker $NN'$ von dem permanenten Magneten $SS'$ angezogen und dem Strom ein Weg durch den dünnen Draht über den Contact 2 geboten; dadurch wird aber der Elektromagnet so kräftig, dass er den Anker anzieht. Sobald dies geschehen, ist die Stromleitung des feinen Drahtes unterbrochen, dafür aber die des dicken Drahtes, welche über den Contact 1 in die Secundärbatterien zur Klemme $M'$ führt, geschlossen. Sinkt die elektromotorische Kraft des Stromerzeugers, weil sich dieser langsamer dreht, oder bei Batterien, weil eine Polarisation eingetreten ist (oder ist die Secundärbatterie so stark geworden, dass der Gegenstrom den Elektromagnet der Maschine schwächt, was freilich bei zweckmässiger Schaltung der Accumulatoren untereinander und mit der Maschine nicht eintreten kann), so wird der Anker abgezogen und die Secundärbatterie so lange ausgeschaltet, bis sich wieder die ursprünglichen Verhältnisse hergestellt haben. Eine Glocke, welche so lange läutet, als die Secundärbatterien eingeschaltet sind, oder auch etwa, weil der Strom durch den feinen Draht geht, wenn sie ausgeschaltet sind, im Nebenschluss

dieses Drahtes liegt, so lange läutet, bis sie wieder erneut eingeschaltet werden, zeigt die Vorgänge an.

Fig. 72.




Dieser Apparat ist besonders dann unentbehrlich, wenn man sich der Naturkräfte, wie etwa des Windes, zum Betrieb einer dynamoelektrischen Maschine bedient, oder wenn man Accumulatoren dadurch ladet, dass

man einen stromerzeugenden Anker durch die Axen eines Eisenbahnwagens in Umdrehung versetzt. —

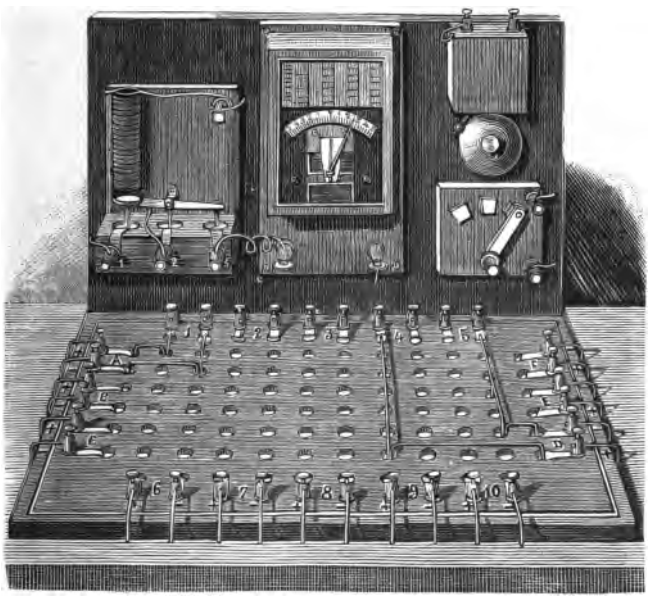
Eine andere Anordnung hat der Apparat, dessen sich zu ähnlichen Zwecken Kabath bedient, wie wir einer Schrift über seine Accumulatoren entnehmen. Fig. 73 zeigt zur Linken einen kleinen Wagebalken, der mit einer Eisenscheibe versehen ist, oberhalb welcher sich ein Eisenstab befindet, um den der Zuleitungsdraht der Maschine gewickelt ist. So lange der Elektromagnet die Ankerscheibe angezogen hält, ist das Quecksilbernäpfchen 2 mit 3 verbunden, so dass der Strom über den Elektromagneten nach 2 und 3, über das Galvanometer in den Quecksilber-Commutator, von dort zu den Secundär-Batterien geht. Wird der Strom schwach, so senkt sich der Wagebalken, der Stift tritt aus dem Quecksilbernäpfchen 3 heraus, während ein anderer in 1 eintaucht, wodurch die Accumulatoren das Läutewerk rechts in Thätigkeit setzen.

Bei der vorgeführten Einrichtung muss der Scheibenanker dem Elektromagneten wieder mit der Hand genähert werden; bei einer andern noch nicht beschriebenen geschieht dies selbstthätig (vielleicht durch Benützung eines zweiten Drahtes, der um den Eisenstab gewickelt ist?), wenn der Strom wieder die ursprüngliche Stärke erlangt hat.

Eine ähnliche Einrichtung hat E. Boettcher, dessen Accumulator wir beschrieben haben, für Eisenbahnwagen und Schiffsbeleuchtung, ersonnen, nur besorgt eine Feder das Abreissen des Ankers. Geschieht dies, so wird die Maschine kurz geschlossen und die Accumulatoren sind dann in die zu betreibenden Lampen

eingeschaltet, während früher beide durch die Maschine, die durch die Wagenaxe getrieben wird, gespeist wurden; handelt sich's blos um das Laden, so wird eben nur die Verbindung der Maschine mit den Accumulatoren unterbrochen. Durch Verbindung von 2 Aus-

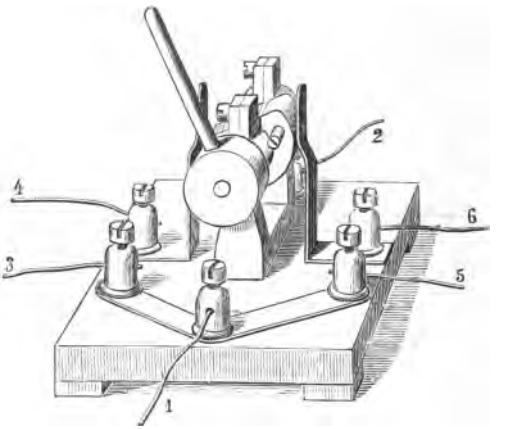
Fig. 73.



schaltern hintereinander sucht Boettcher eine geeignete selbstthätige Regulirung der Stärke des Ladungsstromes zu erreichen, indem sich Widerstände einschalten. Wir können leider wegen Raummangel nicht weiter auf diesen Gegenstand eingehen und verweisen daher auf Uppenborn's Zeitschrift, V. Bd. Nr. 3.

Zur Erläuterung des in Fig. 73 vorgeführten Quecksilber-Commutators von Kabath wollen wir nur bemerken, dass in die Klemmen 1 bis 10 immer die beiden Zuleitungsdrähte der Accumulatorenserien und zwar nebeneinander eingespannt wurden, von links *A*, *B*, *C* kommen die Ladungsströme, nach rechts; *D*, *E*, *F* wird entladen, indem man, wie gezeichnet, Kupferbügel

Fig. 74.




in die Quecksilbernäpfchen einsetzt, was (siehe links bei Klemme 1) geschieht, wenn man laden will. Es ist dies ein Verfahren, welches den Vortheil bietet, dass man sich sofort durch den Augenschein von der Art der Verbindung Rechenschaft geben kann.

Sonst benützt man auch, wenn es sich darum handelt, eine Umschaltung oder Unterbrechung zu bewerkstelligen, die Umschalter, wie in der Fig. 73 rechts unter der Glocke einer zu sehen ist, oder wenn gefordert wird, dass keine Unterbrechung des Stromes stattfindet,

weil man z. B. eine andere Accumulatorenserie in die Lampenreihe einschaltet, einen solchen, der in Fig. 74 versinnlicht ist und von Reynier ersonnen wurde.

Die Drähte 1 und 2 kommen dann von den Lampen, 3 und 4 von der einen Stromquelle, 5 und 6 von jener, die später eingeschaltet werden soll; wie

Fig. 75.

gezeichnet ist soeben, durch Drehen im Sinne des Ganges der Uhrzeiger, 5 und 6 am Ausschalten, während 3 und 4 eingeschaltet wird.

Zuweilen handelt es sich darum, besonders wenn geladen wird, die Richtung des Stromes umzukehren; um auch in solchen Fällen die Funkenbildung zu vermeiden und einen recht vollkommenen Contact zu erzielen hat Judet (La lumière electrique VI. 1882, S. 66) einen Stromwechsler ersonnen, den wir in Fig. 75 vorführen. Die Zeichnung ist so vollkommen, dass sie wohl ohne weitere Erklärung verständlich ist.

## Wirkungsgrad der Accumulatoren.

Ehe wir zur praktischen Anwendung der Accumulatoren übergehen, wollen wir andeuten, wie der Wirkungsgrad, das heisst das Verhältniss zwischen aufgewendeter Arbeit und nützlicher Arbeit berechnet wird.*)

Nehmen wir an, die Elemente dienen zur Erzeugung von Glühlicht, so haben wir, wenn:

$E_p$ = Elektromotorische Kraft der primären Stromquelle,
$E_s$ = » » » secundären »
$W_p$ = dem Widerstand der primären »
$W_s$ = » » » secundären »
$E_l$ = der Potentialdifferenz an den Klemmen der Lampe,
$W_l$ = dem Widerstande der Lampe,
$t$ = Zeitdauer der Ladung,
$t_1$ = » » Entladung,
$A_v$ = verausgabter Arbeit,
$A_n$ = nützlicher Arbeit in der Lampe ist

$$A_v = E_p \frac{E_p - E_s}{W_p + W_s} t,$$

$$A_n = \frac{E_l^2}{W_s + W_l} t_1,$$

da nun die Elektricitätsmengen, welche beim Laden und Entladen in Bewegung gesetzt werden, gleiche Grösse haben (was freilich vom praktischen Standpunkte aus der experimentalen Bestätigung bedarf) und proportional sind den Producten der Stromintensitäten in die Zeiten, erhalten wir; $A_v = A_n$ gesetzt:

*) Nach einer Mittheilung E. Reynier's in der Sitzung vom 6. Mai 1881 der Pariser physikalischen Gesellschaft.

$$\frac{E_p - E_s}{W_p + W_s} t = \frac{E_l}{W_s + W_l} t_1 \text{ daraus}$$

$$t_1 = \frac{\frac{E_p - E_s}{W_p + W_s} t}{\frac{E_l}{W_s + W_l}}$$

dies in die Gleichung für $A_n$ eingesetzt giebt

$$A_n = \frac{E_p - E_s}{W_p + W_s} t \text{ woraus } A_w = \frac{A_v}{A_n} = \frac{E_l}{E_p}$$

gefunden wird, was in Worten ausgedrückt heisst:

Wir erhalten die Grösse des Wirkungsgrades, wenn wir die Potentialdifferenz, welche an den Lampenklemmen herrscht, durch die elektromotorische Kraft der ladenden Stromquelle dividiren; selbe ist unabhängig von den Widerständen sowohl, als auch von der Zeitdauer der Ladung und Entladung.

Für das kleine Modell der Accumulatoren, welche Reynier erzeugt, ist

$E_s$ = 2·15 Volts,
$W_s$ = 0·006 Ohms, wählt man nun
$E_p$ = 2·36 Volts = $E_s \times 1{\cdot}1$,
$W_p$ = 0·006 Ohms,
$E_l$ = 1·93 Volts = $E_s \times 0{\cdot}9$,
$W_l$ = 0·054 Ohms,

dann ergiebt sich für verausgabte Arbeit in Sekunden Kilogrammetern

$$A_v = E_p \frac{E_p - E_s}{9{\cdot}81\ (W_p + W_s)} = 4{\cdot}21$$

$$\text{nützliche } A_n = \frac{E_l{}^2}{9{\cdot}81\,(W_s + W_l)} = 6{\cdot}3$$

und wir haben als Wirkungsgrad

$$A_w = \frac{A_v}{A_n} = \frac{E_l}{E_p} = \frac{E_s \times 0{\cdot}9}{E_s \times 1{\cdot}1} = 81{\cdot}8\ \%$$

## Anwendungen der Accumulatoren.

Eine der häufigsten Verwendungen, welche die Accumulatoren finden, ist die für Beleuchtungen durch Glühlicht, daher wollen wir im Nachfolgenden kurz angeben, wie die Gruppirung derselben für eine bestimmte Anzahl Lampen berechnet werden kann.

Für die Secundär-Batterie haben wir $J_s = \frac{E_s}{W_s}$. Bedeutet $k$ die Zahl der Accumulatoren, welche zur Kette, also hintereinander geschaltet sind, $o$ die auf grosse Oberfläche verbundenen, dann haben wir für die Gesammtzahl $n$

$$n = ko.$$

Wenn die $x$ Lampen nebeneinander geschaltet sind, was ja meistens der Fall ist, so fordern sie eine Stromstärke $J = xJ_l$, wenn $J_l$ die Stromstärke ist, welche jede der Lampen verlangt.

Was geleistet werden muss, wenn die Lampen in Betrieb gesetzt werden sollen, drückt die folgende Gleichung aus $o \,.\, J_s = xJ_l$, d. h. die Intensität, welche die auf Oberfläche verbundenen Accumulatoren hervorbringen muss, gleich der von $x$ Lampen geforderten sein, woraus sich $o = \frac{J_l x}{J_s} = \frac{J}{J_s}$ ergiebt.

Nach dem Ohm'schen Gesetze ist die Intensität für $k$ auf Spannung verbundener Elemente $= \frac{kE}{kW_i + W_a}$

(Seite 16) für $o$ auf Oberfläche verbunden

$$= \frac{E}{\frac{W_i}{o} + W_a}$$

woraus sich für unseren Fall ergiebt

$$J = \frac{k E_l}{\frac{k W_s}{o} + \frac{W_s}{x} + W}$$

wo $W$ den Widerstand der Leitung bedeutet, den wir aber in unserem Falle gleich Null setzen wollen.

Daraus ergiebt sich $k = \frac{o E_l}{o E_s - W_s J}$

Die Modelle jener Accumulatoren, welche E. Reynier erzeugt, haben folgende Constanten.

| Acc. zu 8 Kilogr. gelad. Preis 40 Francs Volts | Ohms | während der neunfachen Volts | Entlad. in den Widerstand Ohms | $J_s$ Ampères | Secunden Kilogramm Meter |
|---|---|---|---|---|---|
| 2·2 | 0·006 | 2 | 0·015 | 21 | 4·4 |
| Acc. zu 3·5 Kilogramm Preis 20 Francs | | | | | |
| 2·2 | 0·024 | 2 | 0·045 | 7 | 1·46 |

Ist nun $E_l = 45$ Volts, $W_l = 30$ Ohms (warm) braucht also jede Lampe 1·5 Ampères, so ist für 40 Lampen

$$J = x J_l = 40 \times 1{\cdot}5 = 60 \text{ Ampères},$$

$$o = \frac{J}{J_s} = \frac{60}{20} = 3.$$

$$k = \frac{3 E_l}{3 E_s - W_s . J} = \frac{3 \times 45}{3 \times 2 - 0{\cdot}015 \times 60} =$$

$$= \frac{135}{6 - 0{\cdot}90} = 26{\cdot}5,$$

also, da man in diesem Fall wohl noch eher mehr als weniger nimmt, $k = 27$ zur Kette verbundene Accumulatoren und, da 3 solche Ketten nebeneinander

geschaltet werden, im ganzen 81 Accumulatoren; diese arbeiten gegen einen Widerstand von 0·75 Ohms, wenn die Lampen parallel geschaltet sind, und haben einen Widerstand von $0{\cdot}008 \times \frac{27}{3} = 0{\cdot}072$, arbeiten also auf einen mehr als neunfachen Widerstand, wie verlangt wurde. Es ist selbstverständlich, dass desto mehr Accumulatoren hinter einander gespannt werden müssen, je grösser $E_l$ ist, und dass es unvortheilhaft wäre, sie auf einen gleichen Widerstand arbeiten zu lassen, da dann die Hälfte der Wärmeentwicklung auf die Accumulatoren selbst entfallen würde und diese sich sowohl rasch entladen, als auch polarisiren würden, wodurch der Strom sehr ungleichmässig werden würde. Je grösser der Accumulator oder je mehr nebeneinander geschaltet sind, desto grösser ist auch der Arbeitsvorrath.

Von einem Accumulator nach Faure, welcher 18 Kilogramm wiegt, nehmen wir an, dass er aufgespeichert enthält 160.000 Coulombs, wir können jedoch nur etwa 150.000 ausnützen, weil, wenn wir weiter gehen, der Strom sehr ungleichförmig wird.

Wir erhalten per Secunde einen Strom von 20 Ampères. Also haben wir für die Dauer der Entladung $\frac{150.000}{20} = 7500$ Secunden $= 2$ Stunden; diese Entladungsdauer ist für die meisten Fälle zu gering; sie zu verlängern scheint es zwei Mittel zu geben, entweder wir fordern weniger Strom per Secunde von jedem einzelnen, lassen also auf einen noch grösseren Widerstand als den neunfachen arbeiten, d. h. wir schalten einen Theil der Lampen hintereinander, was eine Vergrösse-

rung der Accumulatorenzahl zur Folge haben wird, und zwar sowohl jener, welche auf Oberfläche, als auch derjenigen, welche hintereinander geschaltet sind, oder wir verdoppeln einfach die Anzahl der Serien.

Meist verfährt man so, dass man nach und nach Accumulatoren in den Stromkreis einschaltet. Aus dem Beispiel geht auch ganz deutlich hervor, warum man die Accumulatoren sehr grossplattig baut. Ein solcher zu 35 Kilogramm enthält z. B. verfügbar 500.000 Coulombs, was hier angewendet $\frac{500.000}{20} = 25.000$, nahezu 7 Stunden ergiebt.

Im Nachstehenden wollen wir ein Beispiel der praktischen Anwendung Faure'scher Accumulatoren geben, um zu zeigen, dass dieselben auch jetzt schon, freilich unter günstigen Verhältnissen, zum Betrieb elektrischer Verkehrsmittel geeignet seien.

Das Verdienst, die erste derartige Anwendung nicht blos geplant, sondern ausgeführt zu haben, gebührt Clovis Dupuy, dem technischen Leiter der grossen Bleicherei des Herrn Duchesne-Fournet zu Breuil-en-Auge (Calvados), wie wir der »La Nature«, 10. Bd., S. 359 entnehmen. In der genannten Fabrik sind schon seit längerer Zeit elektrische Maschinen thätig, Glühlichtlampen nach Reynier in Betrieb zu setzen.

Diese Maschine nun auch bei Tag zu benützen, verfiel der oben genannte Ingenieur auf den Gedanken, das Sammeln der Leinwandstücke, welche auf etwa 15 Hektaren zum Bleichen ausgebreitet liegen, durch eine elektrische Maschine vollführen zu lassen. Zu diesem Zwecke umgab er die Wiese mit einem 500 Mtr. langen Schienenweg, an welchem sich 21 Abzweigungen an-

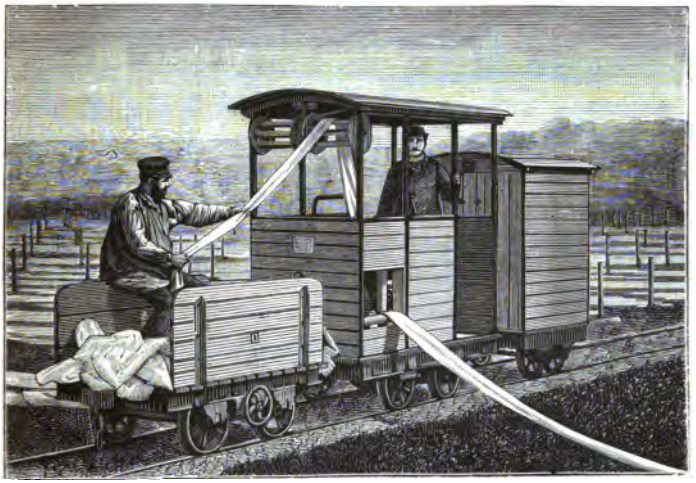
schliessen, was eine Gesammtlänge von ungefähr 2040 Mtr. ergiebt. Infolge der ungünstigen Bodenverhältnisse (Feuchtigkeit und andere Umstände) war es unmöglich, die Schienen als Stromleiter zu benützen, und wurden daher Accumulatoren nach Faure, wie sie Reynier anfertigt in Verwendung genommen. 60 solcher Elemente stehen in Körben verpackt, wie unsere Titel-Figur (Fig. 76, 77) zeigt, in einem Waggon, welcher der Locomotive angehängt ist. Diese besteht aus einem Wagen, in welchem eine Maschine nach Siemens, die 120 Kgr.-Mtr. leisten kann, aufgestellt ist, deren Bewegung mit Hilfe einer Kette nach Gall so auf die Räder übertragen wird, dass die Geschwindigkeit sich wie 1:9 verhält.

Fig. 76, 77, siehe Titel.

Ein in der Titel-Figur (links) seitwärts sichtbarer Hebel dient zur Steuerung der Maschine. Wenn er senkrecht steht, wie in der Zeichnung, ist die Bremse angezogen und der Strom unterbrochen. Wird er gesenkt, so wird auch der Strom geschlossen und die Glieder der Widerstandskette, welche Reynier erdacht hat, legen sich immer fester aneinander, indem diese sich immer mehr spannt, wodurch der Widerstand geringer, der Strom stärker, die Geschwindigkeit grösser wird. Ein zweiter Hebel, weiter links an der Maschine sichtbar, dient zur Veränderung der Ganggeschwindigkeit des Motors, indem er die Bürsten verstellt. Ein dritter Hebel endlich, stellt — oder unterbricht — die Verbindung mit den Wagenrädern oder einer Vorrichtung her, welche bestimmt ist, die 100 Mtr. langen Leinwandstücke mit Hilfe von Rollen und Walzen, wie Fig. 78 zeigt, in die Wagen zu befördern, deren 6—8 angehängt werden.

Nachdem wir einen Begriff über die Einrichtung gegeben haben, wollen wir, soweit uns numerische Angaben zu Gebote stehen, diese anführen. Die Locomotive wiegt 935 Kgr., der Wagen mit den Accumulatoren 700 Kgr. (Accumulatoren 500 Kgr.), jeder mit

Fig. 78.



Leinwand beladene Wagen 800 Kgr., woraus sich ergiebt, dass ein Zug, die Arbeiter und 6 Passagiere eingerechnet, 6400 Kgr. wiegt. Die Accumulatoren werden 5—8 Stunden hindurch von einer Gramme'schen Maschine gespeist, die dabei 3 Pferdekräfte beansprucht. Die Geschwindigkeit des Zuges beträgt freilich nur 12 Km. per Stunde, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass von Haus aus der Geschwindigkeit kein Werth beigelegt wurde. Die Zeit der Thätigkeit beträgt drei Stunden und hängt natürlich von der Ladung der Accu-

mulatoren ab. Diese werden durch einen Commutator, welcher am Untertheil des Wagens angebracht ist, erst nach und nach eingeschaltet; wobei man mit 24 beginnt und allmählich bis auf 60 Elemente steigt.

Ueber die Verwendung von Accumulatoren zu elektrischen Bahnen siehe »Elektro-technische Zeitschrift« (Aron 1882, S. 227) oder Elektro-technische Bibliothek Bd. I. S. 140. Für Schiffe: II. Bd. S. 220.

Mannigfaltige Anwendung haben auch die Accumulatoren bei der elektrischen Beleuchtung gefunden.

Hier werden sie entweder als Stromregulatoren, oder unmittelbar zur Lichterzeugung, vornehmlich des Glühlichtes, benützt. Sie lassen sich auch sehr gut verwenden, wenn die Betriebskraft, welche zur Verfügung steht, zu klein ist, um Licht von genügender Stärke zu erzeugen, indem man Tags über Accumulatoren ladet und deren Strom Abends verwendet.

Verschiedene Naturkräfte, die ungenützt verloren gehen, können auf diese Weise verwerthet werden, eine Frage, deren Lösung heute Gegenstand der verschiedenartigsten Bemühungen ist.

Besonders zur Beleuchtung der Eisenbahnzüge sind verschiedene Versuche unternommen worden, die alle ein mehr minder günstiges Ergebniss geliefert haben, die wir aber nur auszugsweise hier bringen können.

So wurden 4 Pullmann'sche Wagen des zwischen Brighton und London verkehrenden Zuges durch 25 Glühlichtlampen beleuchtet, die 2 Batterien, deren jede aus 32 Faure-Accumulatoren bestand, welche ein Gewicht von 600 Kgr. haben, speisten. Die Ein schaltung sämmtlicher Elemente erfolgte nicht sofort,

sondern je nach der Stromabnahme. Das Laden besorgten 2 Gramme'sche Maschinen, die von einer 6 Hp. Gasmaschine getrieben wurden, und währte 10 Stunden lang. Es wurde auch der Versuch gemacht, die Bewegung der Wagenaxen auf einen im Zug befindlichen Motor zu übertragen, welcher theils die Lampen, theils die Accumulatoren speist; diese treten nur dann ganz in Thätigkeit, wenn der Zug anhält.

Wird der Strom der dynamoelektrischen Maschine schwächer als der von den Accumulatoren gelieferte, so unterbricht ein selbstthätiger Ausschalter die Verbindung und die Accumulatoren besorgen die Beleuchtung allein.*) Erwähnen wollen wir noch, dass, wie wir der Zeitschrift von Uppenborn entnommen haben, 24 Accumulatoren deren jeder 132 Pfd. wiegt, einen Uhrmacherladen im Palais Royal in Paris durch 8 Stunden bei Benützung von 24 Glühlichtlampen beleuchten und im Théâtre Varietés für 83 Swan-Lampen auch 83 derlei Elemente benützt werden.**)

Weiter auf diesen Gegenstand hier einzugehen, verbietet der zubemessene Raum, und müssen wir auf den III. Band der Elektro-technischen Bibliothek, über elektrische Beleuchtung, verweisen.

## Thermo-Säulen.

Bei allen bisher besprochenen Säulen fand eine chemische Veränderung der angewendeten Stoffe und zumeist die Auflösung eines Metalles statt.

*) Berliner E. Z. III. S. 337.

**) Uppenborn, IV., S. 462.

Es kann aber auch, wie wir sofort erfahren werden, eine Veränderung des Wärmegrades einen elektrischen Strom erzeugen.

Verbinden wir irgend einen Metalldraht mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, und erwärmen denselben an einzelnen Stellen, während wir andere vor Erwärmung schützen, also abkühlen, so wird uns ein Ausschlagen der Nadel von dem Entstehen eines Stromes Kunde geben. Der Ausschlag ist jedoch ein bedeutend stärkerer, wenn wir durch Hämmern, Verdrehen, oftmaliges Biegen einen Theil des Drahtes härter, seine molekulare Zusammensetzung künstlich zu einer andern gemacht haben. Nehmen wir endlich gar zweierlei Metalle und erhitzen die Berührungsstelle, so wird der Ausschlag der Nadel ein kräftiger und wir haben das, was man ein Thermo-Element nennt.

Es ist in Bezug auf die Stärke des erreichten Stromes weder gleichgiltig, welche Metalle sich berühren, noch wie stark die Berührungsstelle erhitzt wird. In der That wurde als Ergebniss einer grossen Reihe von Versuchen eine sogenannte thermoelektrische Spannungsreihe zusammengestellt, der ähnlich, welche wir bei den galvanischen oder Hydro-Elementen kennen gelernt haben. Eine solche Reihe hat aber nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen einen wirklichen Werth, weil sich die Stellung der Metalle in derselben ändert, sobald diese überschritten sind. Für einen Temperaturunterschied von $100^0$ — und auf den Temperaturunterschied kommt es hauptsächlich an — ergiebt sich folgende Ordnung, in welcher die Metalle auf einander folgen:

+ Antimon, Eisen, Stahl, Zink, Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Blei, Quecksilber, Messing, Platin, Neu silber, Wismuth —.

Diese Reihe darf aber ebensowenig als allgemein geltend angenommen werden, als die bei den Volta-Elementen angeführte, die nur für verdünnte Schwefelsäure Geltung hatte, da, wie wir schon andeuteten, Aenderungen im Gefüge und Beimischungen ihren Gliedern ganz andere Stellen anweisen.

In manchen Zusammenstellungen erregt innerhalb gewisser Grenzen eine Temperaturerhöhung, oder besser gesagt, eine Erhöhung des Temperaturunterschiedes eine unverhältnissmässig gesteigerte elektromotorische Kraft. Das bekannte Antimon-Wismuth-Element z. B. zeigt das verhältnissmässige Anwachsen nur zwischen 15 und 35°, andere wieder, wie Kupfer-Wismuth und Silber-Kupfer, zeigen eine durchaus gesetzmässige Zunahme.

Es giebt aber auch Elemente, bei welchen eine Steigerung der Temperaturunterschiede eine plötzliche Umkehr der Polarität veranlassen kann, worauf wir aufmerksam machen wollten, ohne darauf weiter einzugehen, nur um zu zeigen, wie schwierig sich die Arbeiten auf diesem Gebiete gestalten können.

Da wir in diesem Buche Alles blos vom praktischen Standpunkte aus zu betrachten haben, wollen wir über jene Säulen kurz hinweggehen, die nur wissenschaftlichen Zwecken, Untersuchungen über strahlende Wärme u. s. w., dienen und geradeaus lossteuern auf jene Zusammenstellungen, die etwas weiter aus dem Rahmen physikalischer Cabinete hinausgetreten sind.

Bunsen*) gebührt das Verdienst einer der ersten gewesen zu sein, eine kräftigere Thermo-Säule als die bis dahin gebräuchliche, welche aus Antimon und Wismuth bestand, zusammengestellt zu haben. Er bediente sich statt dieser Metalle des natürlichen Kupferkieses, welchen er in Stäbchen von 7 Mm. Länge, 4 Mm. Breite und 0·7 Mm. Dicke zersägte und an beiden Enden mit Kupferdrähten versah, die einen Platinüberzug trugen; indem er das eine erhitzte, das andere abkühlte, gelangte er dahin, eine elektromotorische Kraft von $^1/_{9\cdot7}$ per Element zu erhalten.

Trotzdem sich der erhitzte Theil bis über die Schmelzwärme des Zinns erwärmte, stieg das Kühlwasser nicht über 60°, und war keine Veränderung des Pyrits wahrzunehmen.

Leider sind diese Elemente sowohl schwierig herzustellen, als es auch wegen der verschiedenen Ausdehnung der Stoffe durch die Wärme fast unmöglich ist, einen sicheren Contact derselben zu bewahren.

Obgleich sich das Mineral, ohne dass eine chemische Veränderung eintritt, schmelzen und giessen lässt, giebt es dann eine viel geringere elektromotorische Kraft, ein Fingerzeig, dass es also bei den Thermo-Elementen gewiss auf die Structur ankömmt.

Stefan**), der sich mit diesem Gegenstande sehr eingehend beschäftigte und viele Untersuchungen anstellte, fand, dass ein Element aus Kupferkies und Eisenkies, sogar $^1/_6$ Daniell in Bezug auf elektromo-

*) Poggendorff, Ann, 1864, Bd. CXXIII.
**) Poggendorff, Ann. Bd. CXXIV.

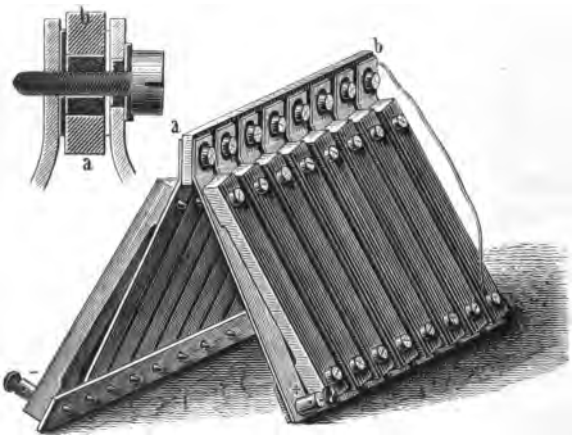
torische Kraft vertreten könne, und dass ein bedeutender Unterschied besteht, ob man blätterigen oder compacten Kupferkies verwendet.

Marcus richtete sein Augenmerk auf die Verwendung von Legirungen, welche nicht nur in der thermoelektrischen Spannungsreihe möglichst weit auseinander liegen, sondern die auch die Anwendung hoher Temperaturen gestatten.

Er gelangte auch (1864—65) zu einem verhältnissmässig günstigen Ergebniss und erwarb sich einen Preis der Wiener Akademie durch Veröffentlichung der angewendeten Legirungen. Sie sind zusammengesetzt für das negative Metall aus 10 Theilen Kupfer, 6 Theilen Zink und 6 Theilen Nickel, eine Legirung die viele Aehnlichkeit mit Neusilber hat, welches auch der Erfinder später benützte und durch einen Zusatz von Kobalt noch verbesserte. Das positive Metall besteht aus einer Legirung von 12 Theilen Antimon, 5 Theilen Zink und 1 Theil Wismuth, es wird in Barren von 16 Cm. Länge, 2·5 Cm. Dicke, 2 Cm. Breite gegossen und an das zu Blechstreifen verarbeitete, negative Metall angeschraubt. Das letztere bildet mit Hilfe eines Eisenstabes, an dem die Streifen isolirt angeschraubt sind, ein dachartiges Gerüste. Indem der tragende Eisenstab auf geeignete Weise erhitzt, die entgegengesetzten Enden der Neusilberstreifen, da sie in Tröge mit Wasser tauchen, gekühlt sind, erhält man von etwa 130 Elementen 25 Kbcm. Knallgas, in der Minute oder kann einen Draht von 0·5 Mm. Dicke ins Glühen bringen. Die elektromotorische Kraft eines Elementes ist $^1/_{20}$

Daniell. Durch Zusammenstellung einer grossen Anzahl dieser Elemente gelang es Marcus unter Aufwand von 120 Kgr. Kohle einen Strom zu erzeugen, der dem von etwa 30 Bunsen-Elementen gleich kam. Leider sind die Elemente, da die Legirung eine, obwohl fast stahlharte, doch sehr spröde ist, sehr gebrechlich und oxy-

Fig. 79.



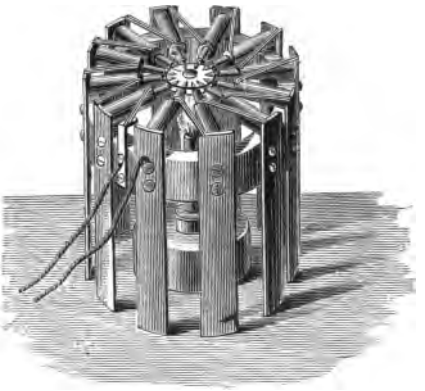

diren sich die Stellen, wo sich beide Metalle berühren, was mit der Zeit den Widerstand ausserordentlich erhöht.

Diesen Fehler hat der leider zu früh verstorbene Fr. Noe dadurch zu beseitigen gesucht, indem er die beiden Metalle durch den Guss des elektropositiven Bestandtheiles selbst vereinigte, da ein Löthen, wenn man die höchst anwendbare Erwärmung erreichen will, nicht statthaft ist.

Fig. 80 zeigt ein einzelnes derartiges Element, welches hergestellt wird, indem man in eine geeignete

Form eine Metallkapsel, die mit einem Eisenstift versehen ist, einsetzt, durch Oeffnungen derselben mehrere Neusilberdrähte, welche das elektronegative Metall bilden einführt und dann die Legirung, welche der von Marcus ähnlich ist, deren Zusammensetzung aber geheim gehalten wird, aufgiesst.

Fig. 80. Fig. 81.



Der Eisenstift, und dies ist auch eine der Eigenthümlichkeiten der Thermo-Säule nach Noe, dient zur Zuleitung der Wärme, wodurch eine directe Erwärmung durch die Flamme vermieden wird, welche sonst leicht eine Zerstörung des Elementes herbeiführen würde. Die Elemente werden zu einer Säule, wie Fig. 81 zeigt, vereinigt, indem man sie an Kupferstreifen anlöthet, die an einem Papierring angeschraubt sind. Die Glimmerplatte, welche auf den Heizstiften ruht, dient dazu, die Flamme auszubreiten. Diese Kupferstreifen, an welche auch die Enden der Neusilberdräthe angelöthet werden, dienen als Gestelle und Kühlvorrichtung. Werden die

Heizstifte, auf welchen kleine Kupferhülsen aufgesteckt sind, nur mässig erhitzt und ist der Strom geschlossen, so genügt die Abkühlung durch die Luft; in anderen Fällen, wenn man bis zur Rothgluth erhitzt, stellt man die Säule in ein Gefäss mit kaltem Wasser. Diese Säulen zeigen recht auffällig, dass die Wärme in Elektricität umgesetzt wird. Erhitzt man nämlich, während der Strom Dienste leistet, noch so stark, so erwärmen sich doch die Kupferstreifen nicht über 30—40°, öffnet man aber den Stromkreis und setzt die Erwärmung fort, so kann es geschehen, dass sich die Elemente ablöthen, da dann die Wärme bis zur Löthstelle fortgeleitet wird.

Noe hat diese Elemente in verschiedenen Grössen hergestellt und mancherlei Anordnungen ersonnen, selbe zu Säulen zu vereinigen. Er gab auch den Kühlstreifen verschiedene Gestalten, vergrösserte sie flügelartig und rollte dieselben ein.

Die grossen Säulen bestanden aus 2 Reihen in gerader Linie einander gegenüberstehenden Elementen, welche einander die Heizstiften zuwendeten; eine Lampe mit einer entsprechenden Anzahl kleiner Bunsenbrenner besorgte die Heizung.

A. v. Waltenhofen, welcher diese Säule eingehend studirte machte über dieselbe folgende Angaben, Dingler's »Polyt. Journal« 1877 Bd. 224, S. 276:

»Man denke sich eine Säule von 128 Elementen. Diese sind in vier Gruppen von je 32 abgetheilt. Jede Gruppe repräsentirt (bei der durch die neue Einrichtung gemässigten Heizung) ungefähr die elektromotorische Kraft von 2 Daniell'schen Elementen und hat (da der

Widerstand eines Elementes nahe $^1/_{40}$ einer Siemens'schen Einheit beträgt) einen Widerstand vom Betrage 0·8. Schaltet man nun alle vier Abtheilungen hinter einander, so erhält man die Wirkung von 8 Daniell'schen Elementen mit 3·2 Einheiten Gesammtwiderstand. Werden je 2 Abtheilungen parallel und die so gebildeten Doppelabtheilungen hintereinander geschaltet, so vertritt die Säule 4 Daniell'sche Elemente von 4 Mal geringerem, also nur 0·8 Einheiten betragendem Gesammtwiderstande. Werden endlich alle 4 Abtheilungen (zu einer 4fachen Gruppe) parallel geschaltet, so wirkt die Säule wie 2 Daniell'sche Elemente von 0·2 Einheiten Gesammtwiderstand.« Diesem Physiker gelang es auch, indem er eine genügende Anzahl solcher Säulen vereinigte, elektrisches Licht zu erzeugen.

Der Verfasser dieses Buches hat sich mit der Thermo-Säule nach Noe sehr eingehend beschäftigt und ist dabei auf manche Abänderungen gekommen, welche sowohl auf eine zweckmässigere Ausnützung der Beheizung als auch Vermeidung der zufälligen Zerstörung durch Ueberheizung hinzielen. Durch Verbesserung der Legirung und der Elementenform, dahin gehend, die elektromotorische Kraft zu steigern und den Widerstand zu verringern, ist es gelungen mit nur 30 Elementen einen 3 Cm. langen Platindraht ins Glühen zu bringen. Da aber die Arbeiten nicht ganz abgeschlossen sind, kann auf diesen Gegenstand nicht weiter eingegangen werden; es soll daher auch nur eine Zusammenstellung in Fig. 82 vorgeführt werden, welche besonders für Schulversuche und Erzeugung von Metallniederschlägen im Kleinen (quantitative analytische Arbeiten)

sehr geeignet ist und sowohl in Oesterreich, Deutschland als auch in Frankreich einige Verbreitung erlangt hat.

Fig. 82 zeigt ein Eisengestelle, welches mit 2 Bunsenbrennern und einer Gaszuströmungs-Regulirung

Fig. 82.

versehen ist (derlei Gestelle sind auch für 3 grössere Säulen vorgerichtet). Die Elemente besitzen die Gestalt vierseitiger abgestumpfter Pyramiden (Keile), die mit angegossenen Eisenschuhen versehen sind, welche die Heizung besorgen. Das elektronegative Metall ist in Form schmaler Blechstreifen angewendet, welche eine

eigenthümliche Biegung besitzen, um bei der stattfindenden ungleichförmigen Ausdehnung nicht Anlass zur Zerstörung des Elementes zu geben, sie werden so eingegossen, dass sie von der Spitze des vorhergehenden Elementes direct zum Fussende des nächsten gehen, wodurch die früher nothwendige Löthstelle entfällt, zugleich wird auch die Kühlplatte angegossen.

Ein Glimmercylinder schützt das elektronegative Metall vor der directen Einwirkung der Flamme und vor der Zerstörung durch dieselbe, während eine Scheibe die Ausbreitung derselben besorgt, wenn nicht der Brenner ohnehin eine darauf hinzielende Vorrichtung besitzt.

Die elektromotorische Kraft eines Elementes kommt der von $^1/_{10}$ Daniell gleich und der Widerstand beträgt $^1/_{50}$. S. E.

Clamond, der sich in Gemeinschaft mit Mure mit der Zusammenstellung einer Thermo-Säule aus Schwefelblei beschäftigt hatte, aber mit den Ergebnissen aus verschiedenen Ursachen, welche wir hier nicht anführen können, nicht zufriedengestellt war, wendete seine Aufmerksamkeit auch der Legierung aus Zink und Antimon zu. Er stellte seine Elemente gleichfalls unter Benützung von Neusilber zusammen, will aber die Erfahrung gemacht haben, dass dieses Material ungeeignet sei, weil es zu leicht der Zerstörung unterliegt, weshalb er sich für die Benützung von Weissblech entschieden hat.

Die Fig. 83 zeigt einen Kranz solcher Elemente, welche derart gleichzeitig gegossen werden, dass sie eine Kette bilden, oder wenigstens durch einfaches

Aneinanderlöthen der eingegossenen Metallstreifen zu einer solchen vereinigt sind. Solche Kränze werden mehrere aufeinandergelegt, wobei man auf eine sorgfältige Isolirung achtet. Als Isolirmittel dient ein Kitt aus Asbest und Natronwasserglas. Die überstehenden Metallstreifen, welche Flügel bilden, dienen als Kühlflächen, der innere röhrenförmige Theil wird durch eine Lampe von geeigneter Construction erhitzt. (Fig. 84.) Die kleinen Flämmchen, die aus dem Brenner herausschlagen, treffen eine Eisenröhre, die isolirt an den Elementen anliegt. Diese Säule hat gegen jene von Noe den Nachtheil, dass sie sowohl eine geringere elektromotorische Kraft besitzt, als auch leichter der Zerstörung durch Anschmelzen unterliegt, endlich schwierig wieder reparirt werden kann, weil sie dann ganz zerlegt werden muss.

Wie wir Müller-Pfaundler's Physik, III. Bd., S. 607, entnehmen, hat eine Säule von 100 Elementen, welche per Stunde 230 Liter Gas verbraucht, bei einem inneren Widerstand von 1 Siemens-Einheit eine elektromotorische Kraft von 23 (Jacobi-Siemens-) Einheiten und sollen 4 Säulen, jede zu 400 Elementen, bei einem stündlichen Verbrauch von 3·2 Kbmtr. Gas, 50 Bunsen-Elemente ersetzen.

Am 5. Mai 1879 machte Th. du Moncel*) der Pariser Akademie Mittheilung von einer wesentlichen Verbesserung der Thermo-Säule durch Clamond. Nach derselben besteht dieselbe aus 3 Haupttheilen. 1. dem Collector, d. i. ein Aufbau von gusseisernen Feuerzügen, 2. den sich an dieselben anlagernden Thermo-

*) Carl's Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. I. Bd. Nr. 7.

Fig. 83.

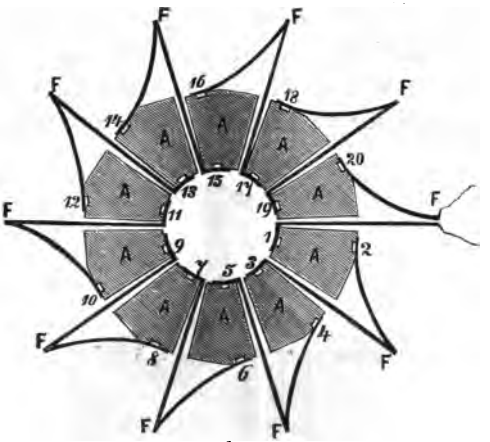
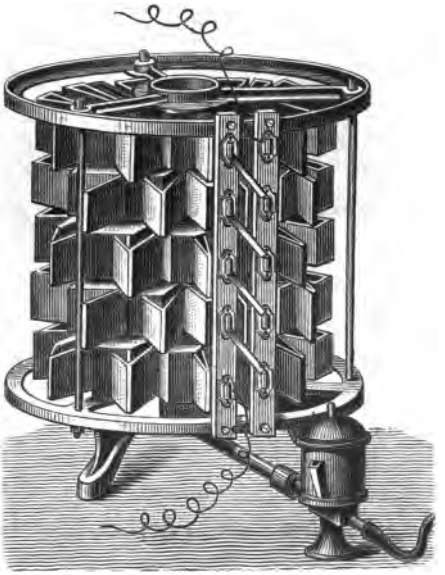
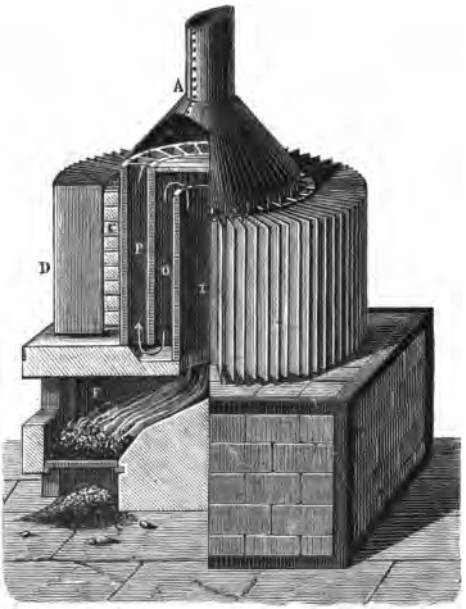



Fig. 84.



Elementen von ausserordentlich geringer Länge, und 3. dem Diffusor oder der Kühlvorrichtung, welche ebenfalls isolirt angelegt wird und aus Metallflächen, was aus der Fig. 85, welche wir dem Werke von Cazin entnommen haben, deutlich zu ersehen ist. Der

Fig. 85.




Nothwendigkeit längere Stäbe zu Elementen zu verwenden, um das Entstehen einer Temperaturdifferenz zu ermöglichen, sucht Clamond dadurch zu entgehen, dass er in die Gussform senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wärme im Elemente durchlöcherte Platten aus isolirenden Stoffen einlegt, wodurch der Querschnitt des Metalles an einzelnen Stellen sehr verringert wird.

Sein Ziel erreicht Clamond gewiss auf diese Art, zugleich aber erhöht er auch den Widerstand. Nimmt man diesen Nachtheil hin, so kann man aber auch die Elemente länger machen.

Auch Clamond hat mit Hilfe seiner Säulen elektrisches Licht erzeugt. Im Jahre 1879 stellte Cabanellas durch 2 Monate Versuche mit einer Säule an, welche 29 Qu. Mtr. Erwärmungsfläche bei 1 Meter Durchmesser besass, mit einem geeigneten Ofen versehen war und 2 Lampen nach Serrin gleichzeitig so in Thätigkeit setzte, dass jede 30—50 Carcel Licht entwickelte, dabei betrug der Widerstand der halben Säule 15·5 Ohms und war die elektromotorische Kraft gleich 109 Volts. Für die ganze Säule ergiebt dies Verhältniss einen Strom, der 121 frisch gefüllten Bunsen-Elementen gleichkommt ($A_{s.k\ m.} = 156$) und war ein stündlicher Verbrauch von 9 Kgr. Coaks nothwendig.

**Bemerkungen zur Tafel auf folgender Seite.**

Nachfolgende Tafel bringt die Constanten der gebräuchlichsten Elemente. Wie zu ersehen ist, herrscht unter den einzelnen Angaben über die elektromotorische Kraft nicht die wünschenswerthe Uebereinstimmung, was uns nicht Wunder nehmen kann, da, wie wir ja wissen, selbe meist vom Sättigungsgrad der angewendeten Stoffe, von der mehr minder vollständigen Vernichtung der Wasserstoffabscheidung abhängt Die Zahlen, welche die Widerstände angeben, unterliegen noch grösseren Schwankungen; dass wir sie dennoch brachten, hat seinen Grund in dem Bestreben, dem Leser wenigstens einen ungefähren Begriff zu geben.

## Elektromotorische Kräfte.

Widerstände und erzielbare Effecte verschiedener Elemente.

| Name des Erfinders | Lösungs-elektrode | amalgamirt | unamalgamirt | Erregende Stoffe | Wasser | Depolarisirende Stoffe | Wasser | Ableitungs-Elektrode | Volts | Ohms | Maasse | Höhe Cm. | | Sec. Kgr.-Met. | Gramm Calorien |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Smee | Zink | » | — | Schwefelsäure | 8 | — | — | Silberplatin. | 0·7-1·2 | 0·5 | — | — | — | — | — |
| Walker | » | » | — | » | 7 | — | — | Kohleplatin. | 0·9 | 1 | — | — | — | — | — |
| Leclanché | Zink | » | — | Chlorammonium | 10 | Manganhyperoxyd | — | Kohle | 1·481 | — | — | — | Clark und Sabine | — | — |
| Planté | Blei | — | — | Schwefels. | 10 | Bleisuperox. | — | Blei | 2·5 | — | — | — | Planté | — | — |
| Faure | » | — | — | » | 10 | » | — | » | 2·2<br>2— | 0·008<br>0·015 | 8 Kilogr. | 24 | Reynier in 9fachem Widerstand entl. | 4·4 | — |
| Grove | Zink | » | — | » | 4 | Salpeters. rauchende D=1·33 | — | Platin | 1·956 | — | — | — | — | — | — |
| » | » | » | — | » | 12 | | — | » | 1·810 | 0·7 | — | — | — | — | — |
| » | » | » | — | Zinksulfat | ? | » | — | » | 1·672 | — | — | — | — | — | — |
| » | » | » | — | Salzwasser | ? | » | — | » | 1·904 | — | — | — | — | — | — |
| Bunsen | » | | — | Schwefels. | ? | Salpeters. | — | Kohle | 1·734 | — | — | — | Buff | — | — |
| » | » | » | — | » | ? | » | — | » | 1·80 | 0,24 | rund | 20 | Reynier | 0·344 | 0·796 |
| » | — | » | — | — | — | » | — | » | 1·80 | 0·06 | länglich Ruhmkorff | 20 | » | 1·878 | 3·189 |
| Callan | Zink | » | — | Schwefels. | ? | Salpeters. | — | Gusseisen | 1·70 | — | — | — | Buff | — | — |
| Poggendorff | » | » | — | » | ? | Chromsalz-Mischung | — | Kohle | 1·796 | — | — | — | » | — | — |
| » | » | — | — | — | — | 12 Bichrom. 25 Schwefels. | 100 | » | 2·028 | — | — | — | Clark und Sabine | — | — |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chuteaux | » | — | — | — | — | Chromsalz-mischung | — | » | 1·70 | 1·1—5 | — | — | — | — | — |
| Daniell | Zink | » | — | Schwefels. | 4 | Kupfersulfat | gesätt. | Kupfer | 1·079 | — | — | — | Cl. u. Sab. | — | — |
| | | | | | 10 | | | | 0·954 | | | | Regnauld | | |
| » | » | — | — | » | 12 | » | » | » | 0·978 | — | — | — | Cl. u. Sab. | — | — |
| | | | | | ? | | | | 1·06 | | | | | | |
| » | » | — | » | » | ? | » | » | — | 0·909 | 2·80 | rund | 20 | Reynier | 0·010 | 0·023 |
| » | » | » | — | » | ? | Kupfernitrat | » | — | 1·001 | — | — | — | — | — | — |
| » | » | » | — | Chlor-natrium | 4 | Kupfersulfat | » | — | 1·061 | — | — | — | — | — | — |
| » | » | — | » | Zinksulfat | — | » | » | — | 0·901 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | » | | | | | | | | | | | |
| W. Thomson | » | — | — | Dichte 1·10 | — | — | — | — | 1·06 | — | 12 □dm. | — | Reynier | 0·143 | 0·331 |
| Carré | » | — | — | Schwefels. | — | — | — | — | 1·06 | 0·12 | rund Pergamentzelle | 60 | » | 0·238 | 0·551 |
| Callaud | » | — | » | Zinksulfat | — | — | — | — | — | 31-4·5·5 | — | — | — | — | — |
| | | | | » | | | | | | | | | | | |
| Meidinger | » | — | — | Magnesiumsulfat | — | — | — | — | — | 4—9 | — | — | — | — | — |
| Reynier | » | — | — | Natronlauge mit Zusätzen | — | Kupfersulfat mit Zusätzen | — | — | 1·35 | 0·075 | rechteckig Pergamenz. | 20 | Reynier | 0·619 | 1·440 |
| Marie-Davy | Zink | — | — | Schwefels. | 12 | Mercuro-sulfatbrei | — | Kohle | 1·527 1·20 | — | — | — | Regnauld | — | — |
| Clark | » | — | — | Zinksulfat | — | » | — | Queck-silber | 1·457 | — | — | — | Cl. u. Sab. Etalon-El. | — | — |
| Becquerel | » | — | — | » | — | Bleisulfat | — | Blei | 0·55 | — | — | — | — | — | — |
| De la Rue | » | — | — | Chlor-ammonium | ge-sätt. | Chlorsilber | — | Silber | 1·059 | — | — | — | Dumoncel | — | — |
| Duchemin | » | — | » | Chlornatrm. | — | Eisenchlorid | ges. | Kohle | 1·54 | 7·00 | — | — | Eccher | — | — |
| Niaudet | » | — | » | » | 4 | Chlorkalk | — | » | 1·65 | — | — | — | Niaudet | — | — |
| Leroux | » | — | — | — | — | Braunstein u. Salzsäure | — | » | 1·70 | — | — | — | Nacari | — | — |

## Schlusswort.

Die angewandte Elektricitätslehre, obgleich eines der jüngsten Kinder unserer Naturwissenschaft, hat dennoch schon ein thatenreiches Leben hinter sich, und jeder weitere Tag bringt der Ereignisse so viele, dass dem Tagebuchschreiber kaum Zeit bleibt, seiner Pflicht gerecht zu werden.

Und so erging es auch dem Verfasser dieser Schrift, der sich vorgenommen hatte, eines der kleineren Gebiete der angewandten Elektricitätslehre Allen, welche dem Gegenstand Theilnahme entgegenbringen, zugänglich zu machen. Seine Absicht war, gemeinsam mit dem verehrten Leser allen denkwürdigen Punkten des reichen Gebietes Besuche abzustatten, dabei von deren Vergangenheit und Zukunft erzählend; leider musste an manchen mit flüchtigem Schritt vorübergeeilt, ja manche mussten abseits liegen gelassen werden.

So bleibt denn, nachdem die Stunden unserer Wanderschaft vorüber, kein anderer Ausweg mehr, als die nächste Anhöhe zu besteigen, von dort aus einen Blick auf die Vergessenen zu werfen, zugleich uns aber ein Bild des Ganzen unserer Seele einzuprägen.

Wenn wir heimkehren von einer langen Fahrt, bald sind uns die einzelnen Gegenden aus dem Gedächtniss entschwunden, zurück bleibt uns nur ein Gesammteindruck, der nie verschwindet und immer belebend und anregend wirkt.

Nicht ein trockenes Nachschlagebuch blos soll diese Schrift sein, nicht soll sie dem Leser blos bekannt geben, welche Elemente bis heute ersonnen und welche

mit Vortheil in Anwendung sind, sondern der Verfasser wollte auch anregend und fördernd wirken, und dies ist nur möglich, wenn auch dem geehrten Leser, nachdem er das Buch durchblättert hat, ein gewisser Gesammteindruck bleibt, dessen Inhalt alles das ist, was einer Verbesserung unserer bisherigen hydro- und thermoelektrischen Stromquellen unter die Arme greift. Die meisten aller besprochenen fussen auf einer Verbrennung von Zink, und gerade dieses Fundament ist es, welches die allgemeine Brauchbarkeit des Gebäudes in Frage stellt, denn der Baugrund ist zu theuer.

In der richtigen Erkenntniss dessen sind auch schon die verschiedensten Versuche gemacht worden, statt des Zinkes andere Stoffe anzuwenden; leider bringt jeder Vertausch den Nachtheil, dass die Stärke des Stromes darunter leidet. Jablochkoff, der den Gedanken hatte, das Zink durch jenen Stoff zu ersetzen, den wir ja alltäglich verbrennen, durch die Kohle, wiederholte unwissentlich einen alten Versuch Becquerel's, indem er Kohle in schmelzenden Salpeter tauchte, dessen Ableitungselektrode der Schmelztiegel selbst war.

Dieser Weg hat aber bisher zu keinem befriedigenden Ergebniss geführt. Andere Bestrebungen zielen dahin, statt der kostspieligen Stoffe, welche bisher zur Aufzehrung des Wasserstoffes benützt wurden, solche aufzufinden, welche billiger im Preise oder zur Bildung solcher Abfallsstoffe führen, die einer Verwendung fähig sind, welche sie bezahlt macht. Eine solche Anordnung ist in dem Slater-Elemente versucht, aus diesem Grunde ist das Daniell-Element allen anderen vorzuziehen. Thatsächlich zeigt die Berechnung, welche

wir bei Reynier's Element angeführt haben, dass man dem Ziele, auch durch Batterien praktisch verwerthbare Ströme, selbst für Beleuchtungszwecke, zu erhalten, näher rückt. In dem besprochenen Falle ist dies besonders deshalb möglich, weil man sich der Accumulatoren bedient, welche das zeitraubende, auch vertheuernde Zerlegen und Neuzusammensetzen der Säule überflüssig machten.*) Ist es Grenet wirklich gelungen, den Chromalaun, wie wir bei der Grenet-Jarriantsäule erwähnten, neu zu beleben oder zweckmässig zu verwerthen, so ist abermals ein Schritt vorwärts gethan. An die Salpetersäure ist aus naheliegenden Gründen nicht zu denken; wohl leistet das Zink fast die doppelte Arbeit als im Daniell-Element, dafür aber wird die Salpetersäure nur unvollkommen ausgenützt. Freilich wenn sich die Vorschläge Arsonval's als brauchbar erweisen, welchen zu Folge eine fast gänzliche Ausnützung möglich ist, wäre auch ein Weg eröffnet, der eine hoffnungsvolle Perspective zeigt.

Eine kleine Uebersicht gewährt in dieser Beziehung eine Berechnung, welche wir »Dingler's Journal« CLXXI. Bd. S. 463 (Schwarz) entnehmen, die angiebt, wie sich die Preise gleicher Mengen verfügbaren Sauerstoffes verhalten, wenn man benützt: Kupfersulfat, Salpetersäure, Kaliumbichromat + Schwefelsäure, chlorsaures Kalium + Salzsäure, Braunstein + Schwefelsäure,

*) Wir haben daher auch den Accumulatoren unsere besondere Aufmerksamkeit geschenkt und nur jene, welche Jablochkoff jüngst zusammenstellte, weil alle Erfahrungen über selbe fehlen, übergangen. Ueber selbe kann nachgelesen werden in der Elektrot. Zeitschrift 1882, III. H. 121 oder in Japing, Kraftübertragung, Seite 168.

Eisenchlorid, dabei ist bei dem Kupfersulfat das gewonnene Kupfer abgezogen. Das Verhältniss ist wie 9 : 9·7 : 17·7 : 10·7 : 1·45 : 1. Wir sehen auch hier, dass sich Kupfersulfat am geeignetsten erweist, denn die anderen Stoffe ergeben kein constantes Element (und unconstante benützen den ohnehin nichts kostenden Sauerstoff der Luft [Maiche]). Das Element Braunstein mit Schwefelsäure würde billig zu stehen kommen, ja noch billiger wie hier angegeben, wenn man in Rechnung zieht, dass Mangansulfat gewonnen wird, leider ist es nur constant, wenn es, wie Leroux*) gefunden hat, auf 73° erwärmt wird, weil dann erst sich Sauerstoff entwickelt. In manchen Fällen wäre aber eine Erwärmung möglich, wenn man z. B. abziehende Rauchgase etc. etc. zur Benützung herbeiziehen könnte. Unter denselben Umständen (Erwärmung 35° C.) wirkt auch Braunstein mit Salzsäure ausserordentlich kräftig, so dass ein Element dieser Art noch jenes nach Bunsen übertrifft, gebildet wird Chlormangan, das ebenfalls ein werthvolles Nebenproduct ist. Wie wir sehen, ist es nicht ganz undenkbar, dass die Säule eine Bildungsstätte solcher Stoffe werden könnte, die kostbarer als die zur Stromerzeugung verwendeten sind, also auch das Zink mit bezahlen würden, was einer der Punkte ist, auf welche hingezielt werden muss.

Endlich wollen wir noch den Vorschlag Lacassagne's Pogg. Ann. XCVIII., S. 306 erwähnen, der 2 Tiegel ineinander stellt, in den Zwischenraum einen Eisencylinder mit Kochsalz, den Innenraum mit Chlor-

*) Comptes rendus 1853, XXXVII., p. 355.

aluminium ausfüllt, in das ein Kohlenstab taucht. Wird diese Vorrichtung zur Rothgluth erhitzt, so entsteht, sobald Kohle und Eisen verbunden sind, ein Strom, während sich Aluminium an der Kohle abscheidet.

Wir haben diese verschiedenen Beispiele nicht angeführt, weil sie uns allerwegs zweckmässig erscheinen, sondern um zu zeigen, auf wie vielerlei Arten das Element einer Besserung fähig wäre.

Hoffnungen auf zweckmässige Stromquellen, besonders für den Kleinbetrieb und für solche Anwendungen, wo das Aufstellen einer Kraftmaschine umgangen werden muss, erweckt auch die Thermo-Säule. Leider sind die Vorgänge, welche zur Entstehung des Stromes führen, so gut wie unbekannt und bestehen bis jetzt die meisten Verbesserungen in einer nur aufs Ungewisse hin unternommenen Veränderung der Legirungen. Die unmittelbare Umsetzung der Wärme in Elektricität, welche sonst nur auf grossem Umwege erreicht wird, hat viel Verlockendes an sich, es frägt sich nur, ist es zweckmässig, hiezu die Bewegung der kleinsten Theile des Generators — darauf läuft schliesslich Alles hinaus — zu benützen und diesen, wie sich bisher gezeigt hat, der Zerstörung durch anhaltenden Gebrauch zuzuführen, oder Maschinen, deren einzelne Theile ausgewechselt werden können.

Glücklich will sich der Verfasser schätzen, wenn er ein auch noch so kleines Schärflein dazu beigetragen hat, die Kenntnisse des geehrten Lesers zu vermehren, das Bestreben nach Verbesserungen zu unterstützen und von vergeblichen Versuchen abzuhalten.

# Index.


Ableitungsstreifen, Befestigung derselben an den Zinken 104, Kohlen 49, 103, 106 u. 147.
Accumulatoren 239.
Alaunelemente 72.
Amalgamiren der Zinke 107, von Eisen 57.
Ammoniaksalzelemente 65, 77—85.
Anion 23.
Anode 23.
Anwendungen durch Accumulatoren 211, 288—295.
Arbeit des Stromes 19.
Beleuchtung durch Batterien 98, 155—158, 208 durch Accumulatoren. 294 s. a. elektr. Licht.
Berechnung des Effectes 31.
Berechnung des Wirkungsgrades der Accumulatoren 286.
Berechnung der Accumulatorenzahl für bestimmte Anwendungen 288.
Berechnung der Kosten einer Batteriebeleuchtung 211.
Chemische Theorie der Elemente 2.
» Wirkungen des Stromes 19.
Chlorkalk-Elemente 222.
Chlorsilber- » 224.
Chromsäure- » 127 — 168.
Constante » 98—138, 154, 168—214, 239—295.
Depolarisation der Elemente durch den Sauerstoff der Luft 41.
» » » Metalloxyde 75.
Depolarisation der Elemente durch den Sauerstoff der Säuren 98.
Metallsalze 168.
Chlor 220.
Schwefel 234.
Chlorkalk 222.
Chloride 224.
Brom und Jod 231.
Effect-Berechnung 31.
Elektrisches Licht, Elemente für, 98—125, 132, 146, 205. Durch Thermo-Säulen 300, 303, 309.
Elektroden, positive und negative, 38. Aus Kohle 49 etc. etc., siehe Elemente.
Elektrolyse 23.
Elektromotorische Kraft 6, 10.
Elemente, constante, 98—138, 154, 168—214.
galvanische 41—239.
secundäre, 239—295.
Thermo-, 295—309.
Elemente mit Lösungselektroden u. Ableitungselektroden aus:
Aluminium, Aluminium 125.
Blei, Blei 239—266.
Eisen, Kupfer 57.
Eisen, Kohle 58.
Kupfer, Blei 270.
Kupfer, Kohle 162.
Magnesium, Jod, Brom 234.
Nickel, Kohle 137.
Zink, Blei 48, 56, 123, 235, 268, 270.

Zink, Eisen 57, 120—123—230.
Zink, Kohle 54, 62—65, 66—77, 77—85, 85—96, 102—120, 124—161, 162—168, 214—220, 221—213, 227—230, 232.
Zink, Kupfer 41—46, 56, 59, 60, 60—62, 65, 74, 75, 162, 169—214, 271.
Zink, Silber 41, 47, 220, 270.
Zink-Paladium 273.
Zink-Platin 47, 75, 98—102, 160.
Entleeren der Elemente 109—114.
Feldelemente 158, 185.
Füllen der Elemente 109—114, 197.
Galvanischer Strom 3.
Galvanometer 8.
Galvanokaust. Elemente 144, 148.
Gaselemente 237.
Inconstante Elemente 41—96.
Kathode 23.
Kation 23.
Kaskadenbatterie 134, 152.
Kohlenelektroden Elemente mit, siehe Elemente, Herstellung 49.
Kraft, elektromotorische 6, 10.
Konstante Elemente, siehe unter C.
Kupfersulfat-Elemente 169—214.
Laden der Accumulatoren 274.
Licht, elektrisches, durch Elemente, siehe elektrisches Licht.
Lösungselektrode 38.
Masseinheiten, elektrische. XV.
Medicinische Elemente 89, 93, 186.
Militärische Elemente 90, 158, 185,
Platiniren der Kohle 54.
Polarisation 36.
Poldrähte, Befestigung derselben 49, 104, 106.
Polarisations-Elemente, siehe Gaselemente und Secundär-Elemente.
Polarisationsstrom 23, 40.
Poröse Zelle, was über dieselbe zu sagen ist 113, 175.
Potential 6, 10.
Potentialdifferenz 7.
Quecksilbersalz-Elemente 214.
Rotations-Elemente 74.
Salpetersäure-Elemente 102—120.
Salzelemente 60—65.
Schaltung der Elemente 18.
Schliessung des Stromkreises 5.
Secundär-Batterien 239.
Spannungsreihe 13.
Staffelbatterie 134, 152.
Strom, galvanischer 3.
Stromkreis 8, 10.
Stromstärke, Zusammenhang mit der elektromotorischen Kraft und Widerstand 14.
Stromarbeit 19.
Stromrichtung 38.
Stromschwächung 33.
Säulen 96.
Tauchelemente 73, 139, 144.
Telegraphen-Elemente 130, 168—202.
Thermo-Säulen 295.
Trockenelemente 90, 183.
Trockene Säulen 96.
Umschalter 281—286.
Vertheilung der Wärme im Stromkreis 25.
Wirkungsgrad der Accumulatoren 286.
Voltameter 20, 21.
Wärmeentwickelung im Stromkreis 25.
Widerstand 8.
Wirkungen des galv. Stromes 5.
Zusammenhang zwischen Stromstärke, elektromotorischer Kraft und Widerstand 14.

# Namens-Verzeichniss.


Achard, 254.
Anderson, 165.
Aron, 244, 273.
Arras, 158.
Arsonval, 124, 182, 220, 267, 270.
Bagration, 65.
Barisien, 158.
Beaufils, 214.
Becquerel, 219, 235, 303.
Beetz, 76, 80, 89.
Behrens, 96.
Binder, 87.
Blanc, 235.
Böttcher, 268.
Böttger, 55.
Bohnenberger, 98.
Brett und Little, 74.
Buff, 129, 229.
Bunsen, 50, 102, 141.
Byrne, 160.
Callaud, 195.
Callan, 121.
Callan, 123.
Candido, 191.
Camacho, 133.
Carré, 205.
Changy, 258.
Chutaux, 150.
Clamond, 305.
Clark und Murhead, 86.
Cloris Baudet, 135.
Cruikshanks, 42.
Daniell, 169.
Davy Humphry, 60,
» Marie, 214, 218.
Delarive, 75, 77.
Delaurier, 162.
Desruelles, 90.
Doat, 232.
Drive, 56.
Duchemin, 64, 229.
Dumoncel, 273.
Ebner, 47.
Eccher, 230.
Exner, 233.
Faraday, 23, 44.
Faure, 117, 259.
Fechner, 66.
Fuller, 130.
Gaiffe, 92, 192, 217, 227.
Galvani, 1.
Gautherot, 240.
Gladstone und Tribe, 244, 265.
Granfeld, 202.
Grenet, 139.
» u. Jarriant, 154.
Griscom, 164.
Grove, 99, 237.
Hare, 45.
Hauck, 134, 144, 303.
Heraud, 228.
Higgins, 152.
Hipp, 65.
Hopitalier, 281.
Houston, 271.
Howell, 95.
Jablochkoff, 313, 314.
Kabath, 259.
Kohlfürst, 193.
Koosen, 168.
Kramer, 177.
Krüger, 190.
Lagrange, 73,
Laurie, 231.
Leblanc, 126, 220.
Leclanché, 77.
Leiter, 93.
Leod, 232.
Leroux, 115, 315.
Leuchtenberg, 58.
Lockwood, 200.
Maiche, 68, 74.
Maistre, 74, 267.
Marcus, 85, 303.
Meidinger, 187.
Méritens, 255.
Minotto, 182.
Münch, 44.
Münnich, 57.
Muirhead, 179.
Niaudet, 56, 219 221.
Nobili, 236.
Noe, 304.

Partz, 167.
Pezzer, 256.
Pincus, 226.
Planté, 241.
Poggendorff, 56, 99, 129, 162.
Ponci, 230.
Puddot, 159.
Puluj, 210.
Pulvermacher, 58.
Regnauld, 233.
Reynier, 208, 212, 262.
Ritter, 240.
Roberts, 57.
Rollet, 202.
Roullion, 220.
Satory, 71.
Savary, 235.
Schmidt, 44.
Schönbein, 115, 121.
Schulze, 265.
Scrivanow, 230.
Sebeck, 75.
Sellon, 259.
Siemens, 179.
Sinstedten, 241.
Slater, 137.
Smee, 47.
Somzee, 273.
Sprague, 51.
Stefan, 298.
Steinheil, 62.
Stöhrer, 72.
Stöhrer, 149.
Sturgeon, 57.
Sutton, 270.
Terquem, 203.
Thomsen, 162.
Thomson, 206.
Tommasi, 118, 256.
Trouvé, 147, 185, 217.
Tyer, 47, 84.
Uelsmann, 122.
Varley, 187, 273.
Volta, 1, 41.
Walker, 54.
Waltenhofen, 302.
Warren de la Rue, 224.
Warrington, 129.
Wiedemann, 186.
Wöhler, 125, 129.
Wollaston, 43.
Young, 44.
Zamboni, 96.
Zenger, 273.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06447 9531